

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku. (Hamirhan Saodang, 2010)

Yang menjadi dasar perancangan geometrik jalan adalah sifat, gerakan dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya dan karakteristik arus lalu lintas. Hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan. (Silvia Sukirman, 1999)

2.2 Klasifikasi Jalan

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (1997) terdapat empat jenis klasifikasi jalan.

2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

1. Jalan Arteri

Jalan arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.

2. Jalan Kolektor

Jalan kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3. Jalan Lokal

Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi jalan menurut kelasnya, terbagi menjadi dua, yaitu klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST dan klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam perhitungan LHR antara lain :

1) Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST (Muatan Sumbu Terberat), merupakan penentuan kelas jalan bersarkan kemampuan suatu jalan dalam menerima beban lalu lintas yang ada pada jalan tersebut. MST ini dinyatakan dalam satuan ton.

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam MST

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (Ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

2) Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR merupakan penentuan kelas jalan berdasarkan kapasitas lalu lintas harian yang dilayani dalam satuan smp.

Tabel 2.2 Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR

No	Fungsi	Kelas	LHR dalam smp
1	Arteri	I	> 20.000
2	Kolektor	II A	6.000 sampai 20.000
		II B	1500 sampai 8000
		II C	<20.000
3	Lokal	III	-

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

a) Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam kondisi lalu lintasnya tidak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas jalan ini merupakan jalan-jalan raya berlajur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan dalam pelayanan lalu lintas.

b) Kelas II :

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintas terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini, selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi dalam tiga kelas, yaitu : II A, II B dan II C.

1. Kelas II A

Jalan Kelas II A adalah jalan-jalan raya sekunder dua lajur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari sejenis aspal beton (*hot mix*) atau yang setaraf, dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan tidak bermotor. Untuk lalu lintas lambat disediakan jalur tersendiri.

2. Kelas II B

Jalan Kelas II B adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setaraf dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tanpa kendaraan tidak bermotor.

3. Kelas II C

Jalan Kelas II C adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi tunggal dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor.

c) Kelas III :

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah peleburan dengan aspal.

2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Klasifikasi jalan menurut medan jalan merupakan pengelompokan jalan berdasarkan kondisi jalan sebagai besar kemiringan medan jalan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi jalan menurut medan jalan ini dapat dilihat pada tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1.	Datar	D	<3
2.	Perbukitan	B	3-25
3.	Pegunungan	G	>25

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

2.2.4 Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No.26/1985 adalah jalan Nasional, Jalan Propinsi, Jalan Kabupaten/Kotamadya, Jalan Desa, dan Jalan Khusus.

2.3 Bagian-Bagian Jalan

1. Lebar Jalur (W_c)

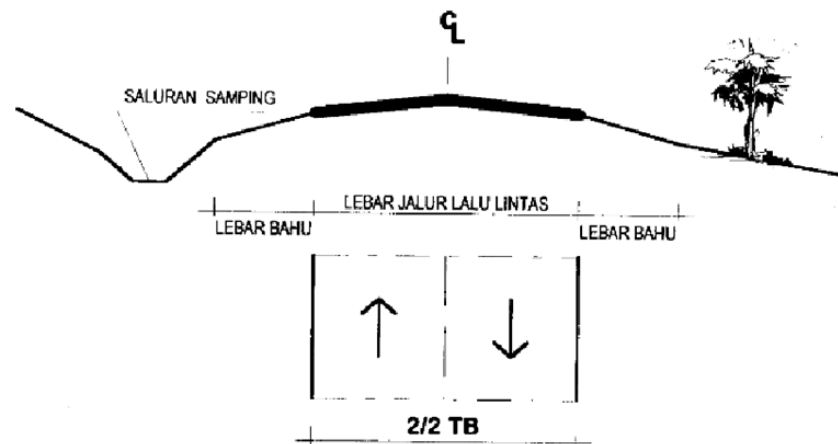
Lebar jalur jalan yang dilewati lalu lintas, tidak termasuk bahu jalan.

2. Lebar Bahu (W_s)

Lebar bahu disamping jalur lalu lintas direncanakan sebagai ruang untuk kendaraan yang sekali-sekali berhenti, pejalan kaki dan kendaraan lambat.

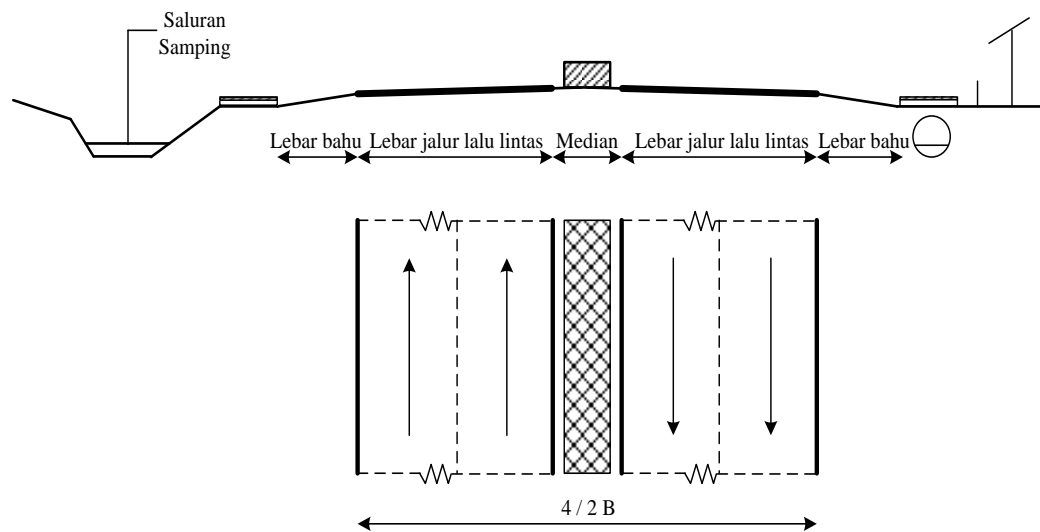
3. Median (M)

Daerah yang memisahkan arah lalu lintas pada suatu segmen jalan, terletak pada bagian tengah (direndahkan / Ditinggikan).



Gambar 2.1 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah untuk 2 / 2 TB

(Sumber : TCPGJAK No.038/T/BM/1997)



Gambar 2.2 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah Untuk 4 / 2 B

(Sumber : TCPGJAK No.038/T/BM/1997)

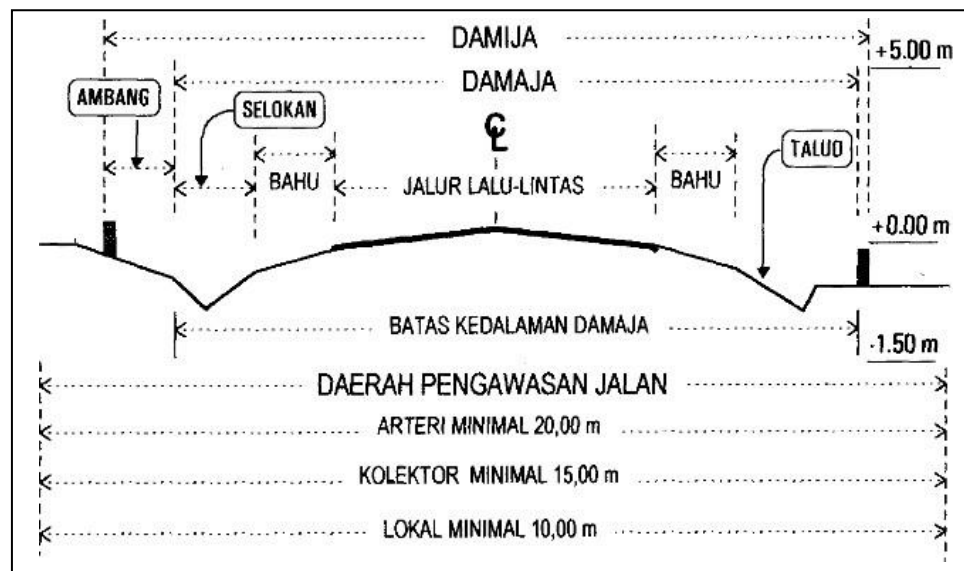
Tabel 2.4 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan (m)

VLHR Smp/hari	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
< 3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000 – 10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.000 – 25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	MENGACU PADA PERSYARATAN IDEAL		TIDAK DITENTUKAN			
> 25.000	2x3,5	2,0	2x7,0	2,0	2x3,5	2,0						

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

2.3.1 Daerah Penguasaan Jalan

- Daerah Manfaat Jalan (Damaja) adalah daerah yang meliputi seluruh badan jalan, salurantepe jalan dan ambang pengaman.
- Daerah Milik Jalan (Damija) adalah daerah yang meliputi seluruh daerah manfaat jalan dan daerah yang diperuntukkan bagi pelebaran jalan dan penambahan jalur lalu lintas di kemudian hari serta kebutuhan ruangan untuk pengaman jalan. Damija dibatasi oleh lebar yang sama dengan Damaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1.5 meter.
- Daerah Pengawasan Jalan (Dawasja) adalah lajur lahan yang berada di bawah pengawasan penguasa jalan, ditujukan untuk penjagaan terhadap terhalangnya pandangan bebas pengemudi kendaraan bermotor dan untuk pengamanan konstruksi jalan dalam hal ruang daerah milik jalan tidak mencukupi. Dawasja yaitu sepanjang jalan di luar Damaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, diukur dari sumbu jalan seperti jalan Arteri minimum 20 meter, jalan Kolektor minimum 15 meter, jalan Lokal minimum 10 meter.



Gambar 2.3 Damaja, Damija, Dawasja di lingkungan jalan antar kota

(Sumber : TCPGJAK No.038/T/BM/1997)

2.4 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Adapun parameter perencanaan geometrik jalan adalah sebagai berikut.

2.4.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang merupakan wakil dari kelompoknya dipergunakan untuk merencanakan bagian-bagian dari jalan. Untuk perencanaan geometrik jalan, ukuran lebar kendaraan rencana akan mempengaruhi lebar lajur yang dibutuhkan.

Kendaraan Rencana dikelompokkan ke dalam 3 kategori:

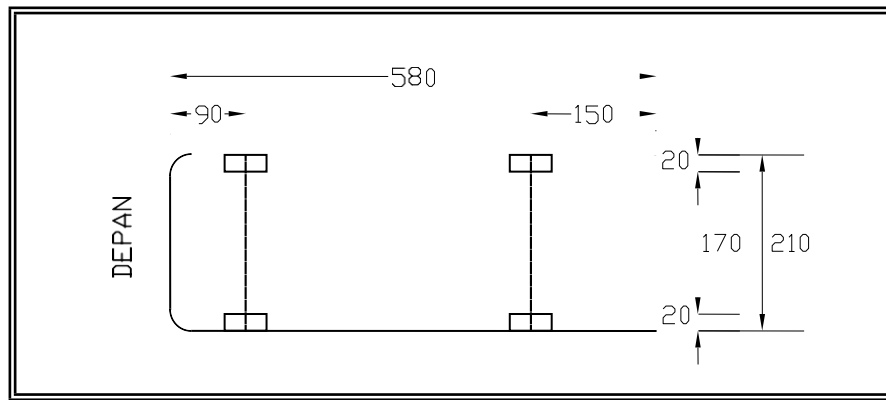
- (1) Kendaraan Kecil, diwakili oleh mobil penumpang;
- (2) Kendaraan Sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau oleh bus besar 2 as;
- (3) Kendaraan Besar, diwakili oleh truk-semi-trailer.

Dimensi dasar untuk masing-masing katagori kendaraan rencana ditunjukkan dalam tabel 2.5 dan sketsa dimensi kendaraan rencana pada gambar 2.2, 2.3 dan 2.4

Tabel 2.5 Dimensi Kendaraan Rencana

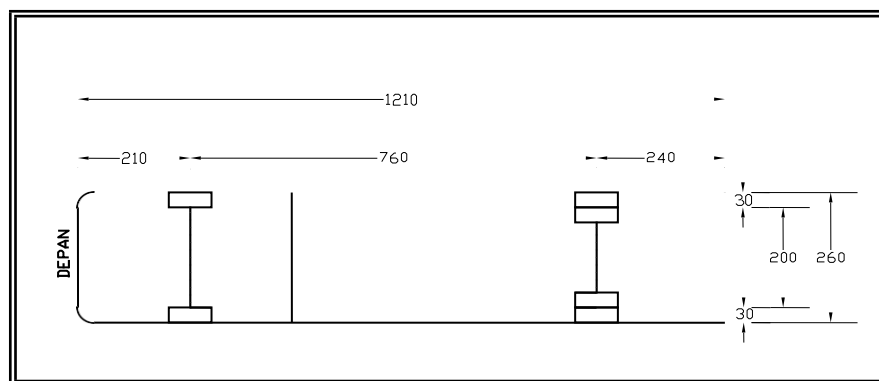
Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Mak	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)



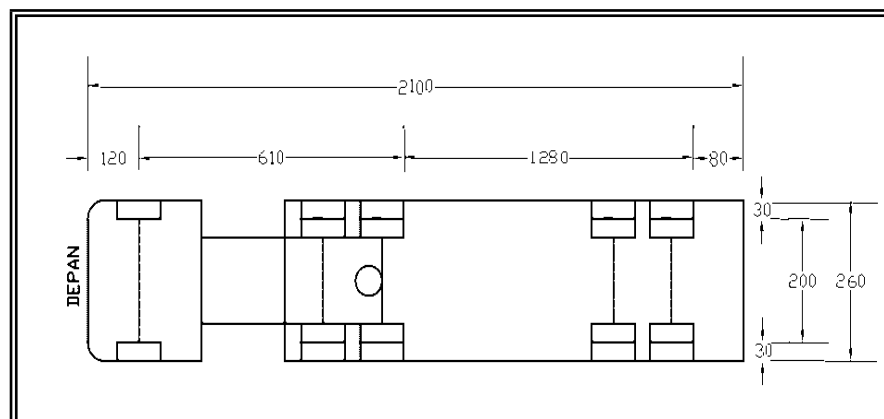
Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Kecil

(Sumber : TCPGJAK No.038/T/BM/1997)



Gambar 2.5 Dimensi Kendaraan Sedang

(Sumber : TCPGJAK No.038/T/BM/1997)



Gambar 2.6 Dimensi Kendaraan Besar

(Sumber : TCPGJAK No.038/T/BM/1997)

2.4.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti : tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, kelandaian jalan dan lain-lain. Kecepatan rencana tersebut merupakan kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan. (Silvia Sukirman, 1999)

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana (VR), Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (VR - km/jam)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

2.4.3 Volume Lalulintas

Volume lalu-lintas harian rata-rata (VLHR) adalah perkiraan volume lalu-lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas yang dinyatakan dalam satuan mobil penumpang per hari (smp/hari). Berikut ini merupakan volume lalu lintas antara lain :

1) Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang.

Tabel 2.7 Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Jenis Kendaraan	Nilai SMP
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang / Sepeda Motor	1,0
Pickup combi	1,2
Truk Ringan (< 5 ton)	2,0
Truk Sedang (>5 ton)	2,5

Truk Berat (>10 ton)	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tak Bermotor	7,0

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

2) Ekvivalen Mobil Penumpang (EMP)

Menurut (Silvia Sukirman, 1999) Faktor konservasi sebagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (Ekivalen mobil penumpang = 1,0).

Tabel 2.8 Ekvivalensi Mobil Penumpang (emp)

Jenis Kendaraan	Datar / Bukit	Gunung
Sedan, Jeep Station Wagon	1,0	1,0
Pick up, Bus kecil, Truck kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
Bus dan Truck besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

2.4.4 Faktor Laju Pertumbuhan Lalulintas

Faktor pertumbuhan lalulintas berdasarkan data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka tabel faktor laju pertumbuhan lalu lintas dapat digunakan (2015-2035) menurut manual desain perkerasan jalan (revisi Juni 2017) nomor 04/SE/Db/2017.

Tabel 2.9 Faktor Laju Pertumbuhan Lalulintas (i) (%)

Jalan	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan Perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber : Manual desain perkerasan jalan, 2017)

2.4.5 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, maka pengemudi dapat melakukan suatu tindakan untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. (Hamirhan Saodang, 2010)

Jarak pandang terbagi menjadi dua antara lain sebagai berikut :

1) Jarak pandang henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman, begitu melihat adanya halangan didepan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi jarak pandang henti. Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan. Adapun jarak pandang henti terdiri atas dua komponen jarak, yaitu:

a) Jarak tanggap (Jht)

Jarak tanggap adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

b) Jarak pengereman (Jhr)

Jarak pengereman adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. Jarak minimum ini harus dipenuhi dalam setiap bagian jalan raya.

$$J_h = J_{ht} + J_{hr} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$J_h = \frac{VR}{3,6} \cdot T + \frac{\left(\frac{VR}{3,6}\right)^2}{2 \cdot g \cdot F_p} \dots\dots\dots (2.2)$$

Untuk persamaan (2.3) dapat disederhanakan menjadi :

Untuk jalan datar :

$$J_h = 0,278 \cdot VR \cdot T + \frac{VR^2}{254 \cdot F_p} \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$J_h = 0,278 \cdot VR \cdot T + \frac{VR^2}{254 \cdot (F_p \pm L)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

VR = Kecepatan rencana (km/jam)

T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

G = Percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det

Fp = Koefisien gesek memanjang antara badan kendaraan dengan perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,28 – 0,45 (menurut AASHTO), fp akan semakin kecil jika kecepatan (VR) semakin tinggi dan sebaliknya (menurut Bina Marga, fp = 0,35 - 0,55).

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

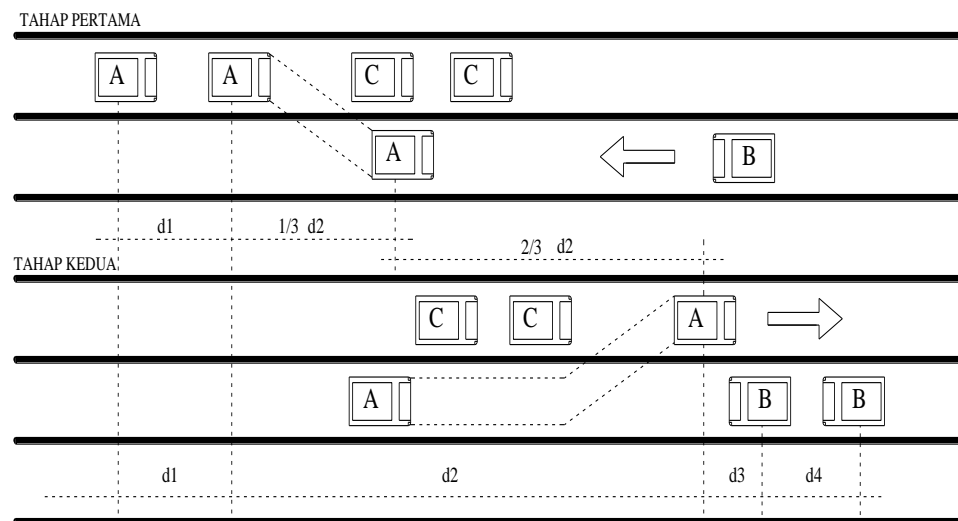
Tabel 2.10 Jarak Pandang Henti Minimum

V(km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh minimum	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

2) Jarak Pandang Mendahului (Jd)

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula.



Gambar 2.7 Proses Gerakan Mendahului

(Sumber : TCPGJAK No.038/T/BM/1997)

Keterangan:

- A = Kendaraan yang mendahului
- B = Kendaraan yang berlawanan arah
- C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

Tabel 2.11 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

VR(km/jam)	50-65	65-80	80-95	95-110
Jh minimum (m)	30	55	75	90

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

Tabel 2.12 Panjang Jarak Pandang Mendahului

VR(km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama “situasi jalan” atau “trase jalan”. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus atau biasa disebut “tangen”, yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah dengan lengkung peralihan atau busur-busur peralihan saja ataupun lingkaran saja. (Hamirhan Saodang, 2010)

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu bagian lurus dan bagian lengkung antara lain sebagai berikut: (Shirley L.Hendarsin, 2000)

a. Bagian lurus

Panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus dapat ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai VR). Dengan mempertimbangkan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan. (Shirley L.Hendarsin, 2000: 93)

b. Bagian Tikungan

1) Jari-jari Minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengimbangi gaya setrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi. (Shirley L.Hendarsin, 2000)

Jari – jari tikungan minimum (Rmin) ditetapkan sebagai berikut :

$$R_{min} = \frac{VR^2}{127 \cdot (e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$D_{maks} = \frac{127 \cdot (e_{maks} + f_{maks})}{V^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

Rmin = jari-jari tikungan minimum (m)

VR = kecepatan rencana (km/jam)

Emaks = superelevasai maksimum (%)

Fmaks = koefisien gesek (%)

Dmaks = derajat maksimum

Panjang Jari-jari tingkungan minimum (R_{min}) dapat juga ditetapkan dengan menggunakan tabel dibawah ini:

Tabel 2.13 Panjang Jari-Jari Minimum (Dibulatkan)

VR, (km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	600	370	280	210	115	80	50	30	15

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

2) Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = \infty$ tak terhingga $R = R_c$), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Lengkung peralihan dengan bentuk *spiral (clotoid)* banyak digunakan juga oleh Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis SCS. (Shirley L.Hendarsin, 2000).

Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Raya Antar Kota (TPGJAK) 1997, diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan di bawah ini :

- a) Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik) di lengkung peralihan

$$L_s = \frac{VR}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots (2.7)$$

- b) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0,022 \cdot \frac{VR^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{VR \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.8)$$

c) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} \cdot VR \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

T = waktu tempuh (3 detik)

R = jari-jari busur lingkaran

C = perubahan percepatan, 0,3 - 1,0 disarankan 0,4 m/det²

VR = kecepatan rencana (km/jam)

e = superelevasi

e_m = superelevasi maksimum

r_e = tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan,
sebagai berikut :

untuk $VR \leq 70$ km/jam $r_e \text{ maks} = 0,035$ m/m/det

untuk $VR \geq 80$ km/jam $r_e \text{ maks} = 0,025$ m/m/det

Tabel 2.14 Jari-Jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R _{min} (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

Tabel 2.15 Tabel Panjang lengkung peralihan minimum dan superlevasi yang dibutuhkan (e maksimum = 10% metoda Bina Marga)

i) (o)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0,250	5730	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0	LN	0
0,500	2865	LN	0	LN	0	LP	60	LP	70	LP	75
0,750	1910	LN	0	LP	50	LP	60	0,020	70	0,025	75
1,000	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75
1,250	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75
1,500	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75
1,750	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75
2,000	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,060	75
2,500	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75
3,000	477	0,030	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75
3,500	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75
4,000	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75
4,500	318	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75
5,000	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,100	75
6,000	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	Dmaks = 5,12	
7,000	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	Dmaks = 6,82			
8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9,000	159	0,074	45	0,091	50	0,099	60				
10,000	143	0,079	45	0,095	60	Dmaks = 9,12					
11,000	130	0,083	45	0,098	60						
12,000	119	0,087	45	0,100	60						
13,000	110	0,091	50	Dmaks = 12,79							
14,000	102	0,093	50								
15,000	95	0,096	50								
16,000	90	0,097	50								
17,000	84	0,099	60								
18,000	80	0,099	60								
19,000	75	Dmaks = 18,85									

Keterangan :

LN = lereng jalan normal diasumsikan = 2 %

LP = lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat superelevasi sebesar lereng jalan normal = 2 %.

Ls = diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi Shortt, landai relatif maksimum (gambar 12), jarak tempuh 2 detik, dan lebar perkerasan 2 x 3,75 m.

(Sumber : Metode Bina Marga)

2.5.1 Menentukan Titik Koordinat

Berdasarkan gambar trase jalan rencana yang telah dibuat, setelah itu dapat menentukan posisi titik koordinat. Posisi koordinat titik dari jalan diperoleh dengan menggunakan program *Google earth* dan *AutoCAD*.

2.5.2 Menghitung Panjang Garis Tangen

Perencanaan geometrik jalan raya merupakan perencanaan bentuk fisik jalan dalam tiga dimensi. Untuk mempermudah dalam penggambaran bagian-bagian perencanaan, maka bentuk fisik jalan digambarkan dalam bentuk alinyemen horizontal atau trase jalan, alinyemen vertikal atau penampang jalan dan potongan melintang.

Adapun perhitungan jarak titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal dapat menggunakan rumus berikut ini.

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

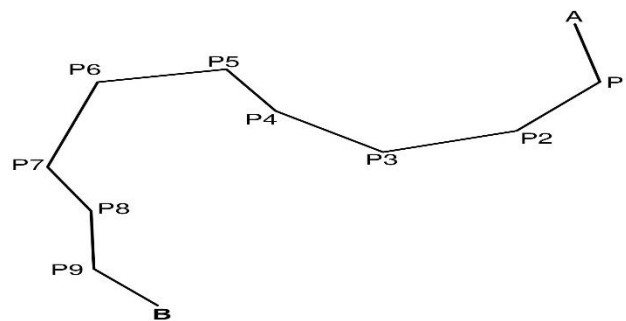
d = Jarak titik A ke titik P1

X₂ = Koordinat titik P1.1 pada sumbu X

X₁ = Koordinat titik A pada sumbu X

Y₂ = Koordinat titik P1.1 pada sumbu Y

Y₁ = Koordinat titik A pada sumbu Y



Gambar 2.8 Panjang Trase dari Titik A ke Titik B

2.5.3 Menghitung Sudut Azimuth Dan Sudut Antara Dua Tangent (Δ)

Setelah menentukan koordinat dan menghitung panjang garis tangen maka selanjutnya menghitung sudut azimuth dan sudut antara dua tangen dengan rumus berikut ini :

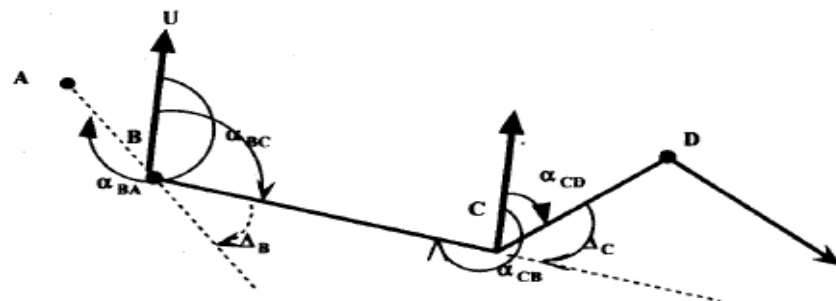
$$\alpha_A = \arctan \frac{X_{P1} - X_A}{Y_{P1} - Y_A} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\text{Azimuth A} = 180^\circ - \alpha_A \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\alpha_{P1} = \arctan \frac{X_{P2} - X_{P1}}{Y_{P2} - Y_{P1}} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\text{Azimuth P1} = 180^\circ - \alpha_{P1} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$\Delta_1 = \text{Azimuth } \alpha_A \text{ (terbesar)} - \text{Azimuth } \alpha_{P1} \text{ (terkecil)} \dots (2.15)$$



Gambar 2.9 Sudut Azimuth dan Sudut Tangen

(Sumber : Kontruksi jalan raya, 2004)

2.5.4 Menghitung Medan Jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan, dapat dilihat pada tabel 2.3 apakah medan jalan tersebut datar, perbukitan atau pegunungan.

2.5.5 Jenis-Jenis Tikungan

Pada perencanaan alinyemen horizontal umumnya digunakan tikungan yang terdiri dari tiga jenis tikungan yang digunakan, yaitu: *Full Circle* (FC), *Spiral Circle Spiral* (SCS), *Spiral-Spiral* (SS) antara lain sebagai berikut :

1) Tikungan *Full Circle* (FC)

Full Circle (FC) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. (Shirley L.Hendarsin, 2000)

Rumus yang digunakan pada tikungan *Full Circle* yaitu:

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam) } \dots\dots\dots (2.16)$$

$$\frac{ep+en}{L_s} = \frac{x+en}{\frac{3}{4}L_s}$$

$$X = \frac{(ep+en) \cdot \frac{3}{4}L_s}{L_s} - en \dots\dots\dots (2.17)$$

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(emax+F_m)} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53(emaks+fmaks)}{V^2} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$e = -\frac{emax}{D^2max} D^2 + \frac{2 \cdot emax}{Dmax} D \dots\dots\dots (2.21)$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$T_c = R \cdot \tan \frac{1}{2}\Delta \dots\dots\dots (2.23)$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots (2.24)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R \dots\dots\dots (2.25)$$

$$\text{Kontrol} = 2 \cdot T_c > L_c \dots\dots\dots (2.26)$$

Keterangan :

Δ = Sudut tikungan

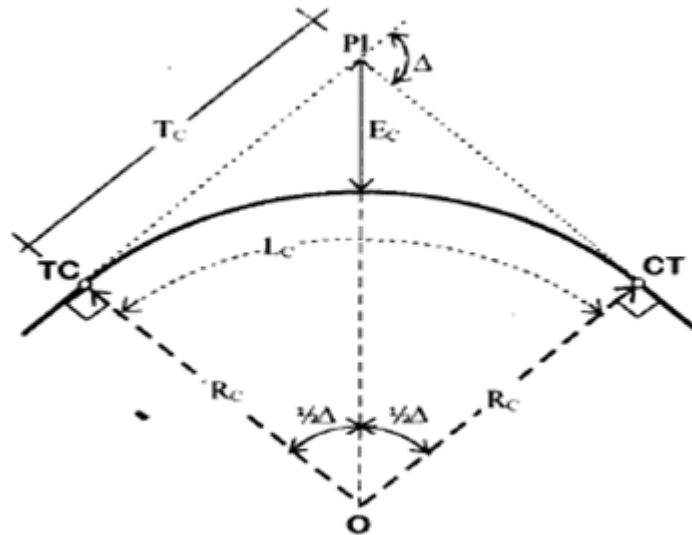
O = Titik pusat lingkaran

T_c = Panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT

R_c = Jari-jari lingkaran

L_c = Panjang busur lingkaran

E_c = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran



Gambar 2.10 Bentuk Tikungan *Full Circle*

(sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

2) Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan ruang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

Lengkung Spiral merupakan peralihan dari bagian lurus ke bagian circle (*transition curve*) yang panjangnya diperhitungkan dengan mempertimbangkan bahwa perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai mencapai bagian lengkung. Jari-ari yang diambil untuk tikungan *Spiral Circle Spiral* haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan.

Ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan ini adalah sebagai berikut :

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk } v_{\text{kec}} < 80 \text{ km/jam)} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(e_{\max} + F_m)} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$D_{\max} = \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{V^2} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$e = -\frac{e_{\max}}{D^2 \max} D^2 + \frac{2 \cdot e_{\max}}{D \max} D \dots\dots\dots (2.31)$$

Untuk menentukan nilai L_s dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

a) Berdasarkan tabel Bina Marga

$$L_{s1} = 50 \text{ m} \dots\dots\dots (2.32)$$

b) Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_{s2} = \frac{V_R}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots (2.33)$$

c) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_{s3} = 0,022 \frac{V^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{V \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.34)$$

d) Berdasarkan tingkat pencapaian kelandai

$$L_{s4} = \frac{(e_p - e_n)}{3,6 \cdot r_e} \cdot V \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana:

T = Waktu tempuh (3 detik)

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

C = Perubahan percepatan (0,3 – 1,0) disarankan 0,4 m/det³

E = Superelevasi (%)

e_p = Superelevasi penuh (%)

e_n = Superelevasi normal (%)

r_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Untuk $V_R \leq 70$ km/jam nilai $r_e \text{ mak} = 0,035 \text{ m/m/det}$

Untuk $V_R \geq 80$ km/jam nilai $r_e \text{ mak} = 0,025$ m/m/det
 Berdasarkan dari L_s Alternatif a, b, c, dan d diambil nilai yang terbesar

$$\theta_s = \frac{90 \cdot L_s}{\pi \cdot R} \dots\dots\dots (2.36)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2 \cdot \theta_s \dots\dots\dots (2.37)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6 \cdot R} - R (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.38)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 \cdot R^2} - R \cdot \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.39)$$

$$T_s = (R+P) \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots (2.40)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos^2 \frac{\Delta}{2}} - R \dots\dots\dots (2.41)$$

$$L_c = \frac{\Delta - 2 \cdot \theta_s}{180} \pi \cdot R \dots\dots\dots (2.42)$$

$$L_{\text{total}} = L_c + 2 \cdot L_s \dots\dots\dots (2.43)$$

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R^2} \right) \dots\dots\dots (2.44)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \cdot R} \dots\dots\dots (2.45)$$

$$\text{Kontrol} = L_{\text{total}} < 2 \cdot T_s \dots\dots\dots (2.46)$$

Keterangan :

X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS-SC
 (jarak lurus lengkung peralihan), (m)

Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, (m)

L_s = panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST),
 (m)

L_c = panjang busur lingkaran (jarak SC-CS), (m)

T_s = jarak tangen dari PI ke TS atau ST, (m)

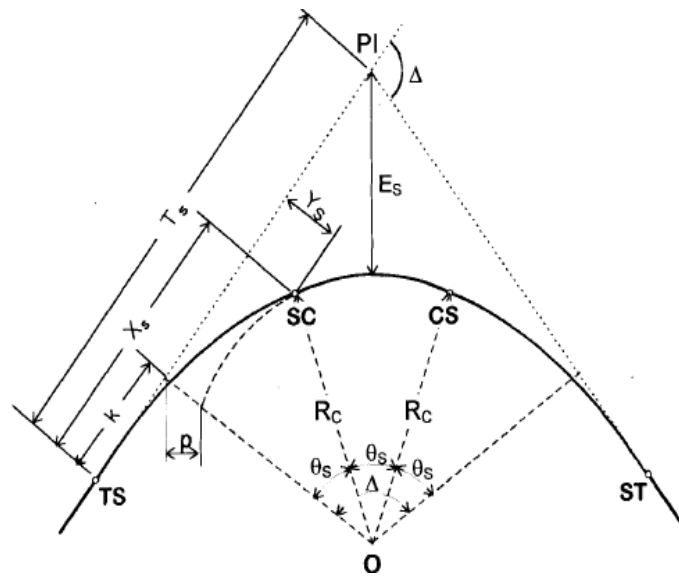
E_s = jarak dari PI ke puncak busur lingkaran, (m)

Δ = sudut tikungan, (0)

Δ_c = sudut lengkung *circle* (0)

θ_s = sudut lengkung spiral, (0)

- R = jari-jari tikungan, (m)
 p = pergeseran tangen terhadap spiral, (m)
 k = absis p pada garis tangen spiral, (m)
 L_{total} = panjang tikungan SCS, (m)



Gambar 2.11 Bentuk Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

(sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

3) Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang tajam. Lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS. Adapun rumus- rumus yang digunakan pada tikungan *spiral-spiral*, yaitu :

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk } \text{kec.} < 80 \text{ km/jam)} \dots\dots\dots (2.47)$$

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(e_{max} + F_m)} \dots\dots\dots (2.48)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53(e_{maks} + f_{maks})}{v^2} \dots\dots\dots (2.49)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.50)$$

$$e = -\frac{e_{max}}{D^2_{max}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{max}}{D_{max}} D \dots\dots\dots(2.51)$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots(2.52)$$

Untuk menentukan nilai L_s dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

a) Berdasarkan tabel Bina Marga

$$L_{s1} = 50 \text{ m} \dots\dots\dots(2.53)$$

b) Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_{s2} = \frac{V_R}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots(2.54)$$

c) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_{s3} = 0,022 \frac{V^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{V \cdot e}{C} \dots\dots\dots(2.55)$$

d) Berdasarkan tingkat pencapaian kelendai

$$L_{s4} = \frac{(em-en)}{3,6 \cdot re} \cdot V \dots\dots\dots(2.56)$$

L_s yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$L_{s5} = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90} \dots\dots\dots(2.57)$$

$L_{s5} > L_{s \text{ min}}$, maka L_s yang digunakan L_{s5}

Misalkan $\theta_s = 31,33^\circ$, maka dari tabel 2.16 Besaran p^* dan k^* didapat :

$$\theta_s = 31^\circ \quad \rightarrow \quad p^* = 0,0486115 \quad \rightarrow \quad k^* = 0,4947620$$

$$\theta_s = 31,5^\circ \quad \rightarrow \quad p^* = 0,0495022 \quad \rightarrow \quad k^* = 0,4945798$$

Interpolasi :

$$\begin{aligned} p^* &= 0,0486115 + \frac{0,0495022 - 0,0486115}{31,5 - 31} \times (31,33^\circ - 31^\circ) \\ &= 0,0491993 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k^* &= 0,4947620 + \frac{0,4947620 - 0,4945798}{31,5 - 31} \times (31,33^\circ - 31^\circ) \\ &= 0,4948822 \end{aligned}$$

$$P = p^* \times L_s \dots\dots\dots (2.58)$$

$$K = k^* \times L_s \dots\dots\dots (2.59)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{\Delta}{2} + K \dots\dots\dots (2.60)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos^2 \frac{\Delta}{2}} - R \dots\dots\dots (2.61)$$

$$L_{total} = 2 \cdot L_s \dots\dots\dots (2.62)$$

$$Kontrol = 2 \cdot L_s < 2 \cdot T_s \dots\dots\dots (2.63)$$

Keterangan:

L_c = panjang busur lingkaran (panjang dari SC ke CS), (m).

θ_s = sudut lengkung spiral, ($^\circ$).

L_s = panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke titik SC), (m).

T_s = panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST, (m).

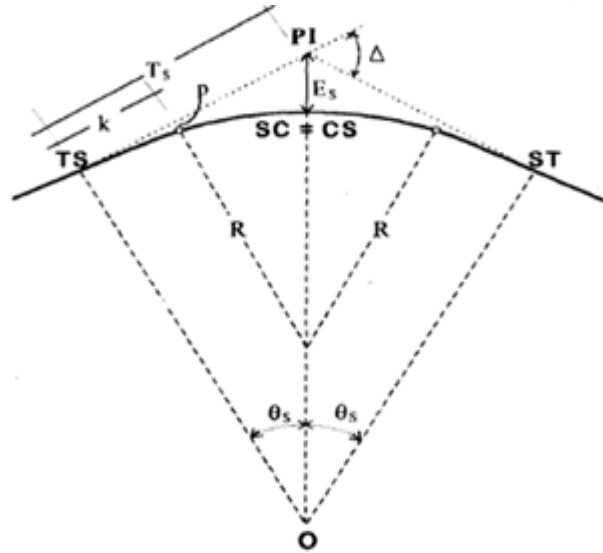
E_s = jarak dari PI ke busur lingkaran, (m).

Δ = sudut lengkung *circle*, ($^\circ$).

R = jari-jari lingkaran, (m).

p = pergeseran tangen terhadap spiral, (m).

k = absis dari p pada garis tangen spiral, (m).



Gambar 2.12 Bentuk Tikungan *Spiral-Spiral*

(sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

Tabel 2.16 Besaran p^* dan k^* untuk $L_s = 1$ m

O_s	p^*	k^*	O_s	p^*	k^*
0,5	0,0007315	0,4999987	20,5	0,0309385	0,4977965
1,0	0,0014631	0,4999949	21,0	0,0317409	0,4976842
1,5	0,0021948	0,4999886	21,5	0,0325466	0,4975688
2,0	0,0029268	0,4999797	22,0	0,0333559	0,4974504
2,5	0,0036591	0,4999682	22,5	0,0341687	0,4973288
3,0	0,0043919	0,4999542	23,0	0,0349852	0,4972042
3,5	0,0051251	0,4999377	23,5	0,0358055	0,4970764
4,0	0,0058589	0,4999186	24,0	0,0366296	0,4969454
4,5	0,0065934	0,4998970	24,5	0,0374576	0,4968112
5,0	0,0073286	0,4998727	25,0	0,0382895	0,4966738
5,5	0,0080647	0,4998459	25,5	0,0391255	0,4965331
6,0	0,0088016	0,4998166	26,0	0,0399657	0,4963891
6,5	0,0095396	0,4997846	26,5	0,0408101	0,4962418
7,0	0,0102786	0,4997501	27,0	0,0416587	0,4960912
7,5	0,0110188	0,4997130	27,5	0,0425117	0,4959372
8,0	0,0117602	0,4996732	28,0	0,0433692	0,4957798
8,5	0,0125030	0,4996309	28,5	0,0442312	0,4956189
9,0	0,0132471	0,4995859	29,0	0,0450978	0,4954546
9,5	0,0139928	0,4995383	29,5	0,0459690	0,4952868
10,0	0,0147400	0,4994880	30,0	0,0468450	0,4951154
10,5	0,0154888	0,4994351	30,5	0,0477258	0,4949405
11,0	0,0162394	0,4993795	31,0	0,0486115	0,4947620
11,5	0,0169919	0,4993213	31,5	0,0495022	0,4945798
12,0	0,0177462	0,4992603	32,0	0,0503979	0,4943939
12,5	0,0185025	0,4991966	32,5	0,0512988	0,4942044
13,0	0,0192608	0,4991303	33,0	0,0522048	0,4940111
13,5	0,0200213	0,4990611	33,5	0,0531162	0,4938140
14,0	0,0207840	0,4989893	34,0	0,0540328	0,4936131
14,5	0,0215490	0,4989146	34,5	0,0549549	0,4934084
15,0	0,0223165	0,4988372	35,0	0,0558825	0,4931997
15,5	0,0230863	0,4987570	35,5	0,0568156	0,4929872
16,0	0,0238588	0,4986739	36,0	0,0577544	0,4927706
16,5	0,0246338	0,4985880	36,5	0,0586989	0,4925501
17,0	0,0254116	0,4984993	37,0	0,0596492	0,4923254
17,5	0,0261921	0,4984077	37,5	0,0606053	0,4920967
18,0	0,0269756	0,4983132	38,0	0,0615673	0,4918639
18,5	0,0277619	0,4982158	38,5	0,0625354	0,4916269
19,0	0,0285513	0,4981154	39,0	0,0635095	0,4913857
19,5	0,0293438	0,4980121	39,5	0,0644897	0,4911402
20,0	0,0301396	0,4979058	40,0	0,0654762	0,4908904

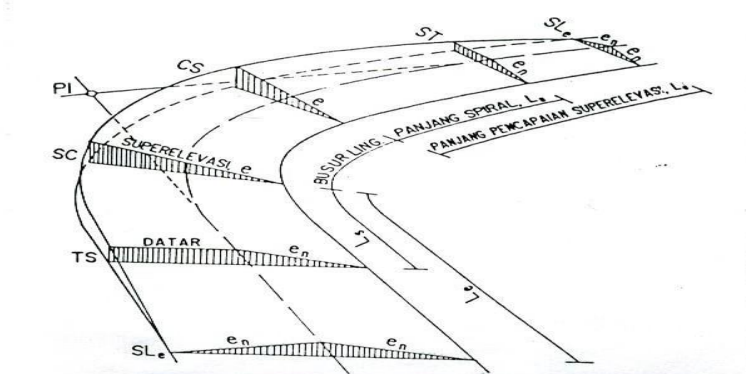
(Sumber: Konstruksi jalan raya, Geometrik jalan menurut J. Barnett)

2.5.6 Superelevasi

1) Pencapaian Superelevasi

Menurut (Shirley L.Hendarsin, 2000) pencapaian superelevasi antara lain sebagai berikut :

- Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- Pada tikungan *spiral-circle-spiral*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal sampai lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan.
- Pada tikungan *full circle*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3} L_s$ sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3} L_s$ (AASHTO). Bina Marga menempatkan $\frac{3}{4} L_s$ dibagian lurus dan $\frac{1}{4} L_s$ dibagian lengkung.
- Pada tikungan *spiral-spiral*, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- Superelevasi tidak diperlukan jika radius cukup besar (R), untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LN) atau bahkan tetap lereng normal (LN).



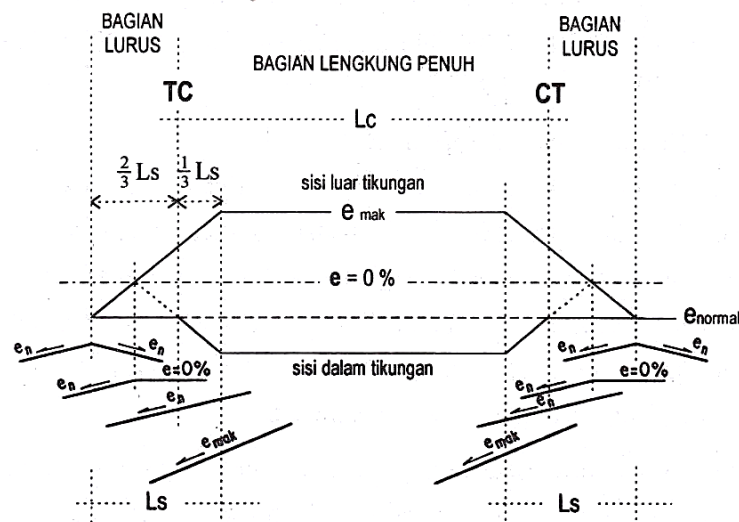
Gambar 2.13 Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan

(Shirley L.Hendarsin, 2000)

2) Diagram Superelevasi

Berikut ini merupakan contoh diagram elevasi untuk tiap-tiap jenis tikungan:

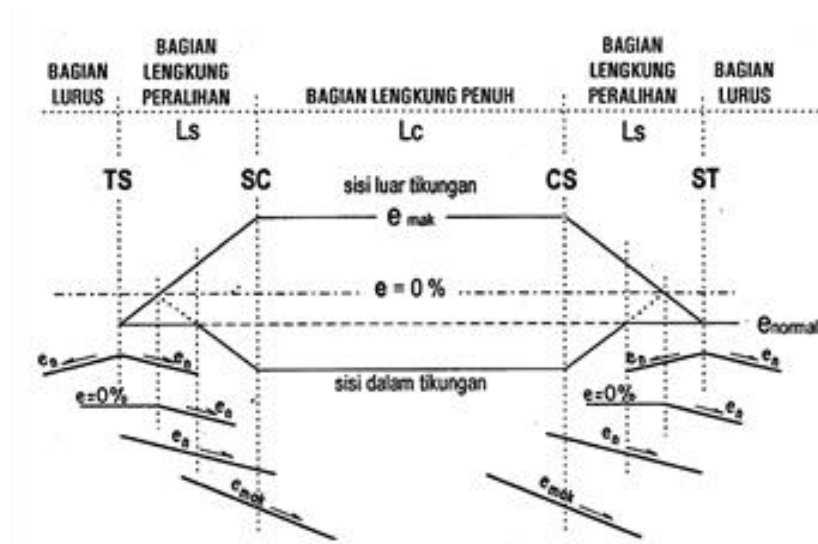
a) Tikungan *Full Circle* (FC)



Gambar 2.14 Superleveasi Tikungan *Full Circle*

(sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

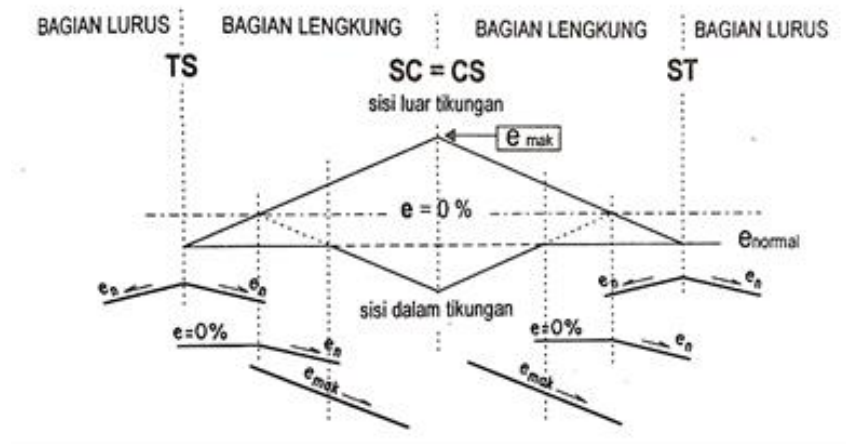
b) Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)



Gambar 2.15 Superleveasi Tikungan *Spiral-Circle Spiral*

(sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

c) Tikungan *Spiral- Spiral* (SS)



Gambar 2.16 Superleveasi Tikungan *Spiral-Spiral*

(sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

2.5.7 Daerah Kebebasan Samping Di Tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruangan untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai ke objek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi. (Shirley L. Hendarsin, 2000)

Daerah bebas samping di tikungan di hitung berdasarkan jarak pandang henti menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

1) Jika $J_h < L_t$

$$E = R \left(1 - \cos \frac{90 \cdot J_h}{R} \right) \dots\dots\dots (2.64)$$

Keterangan :

E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

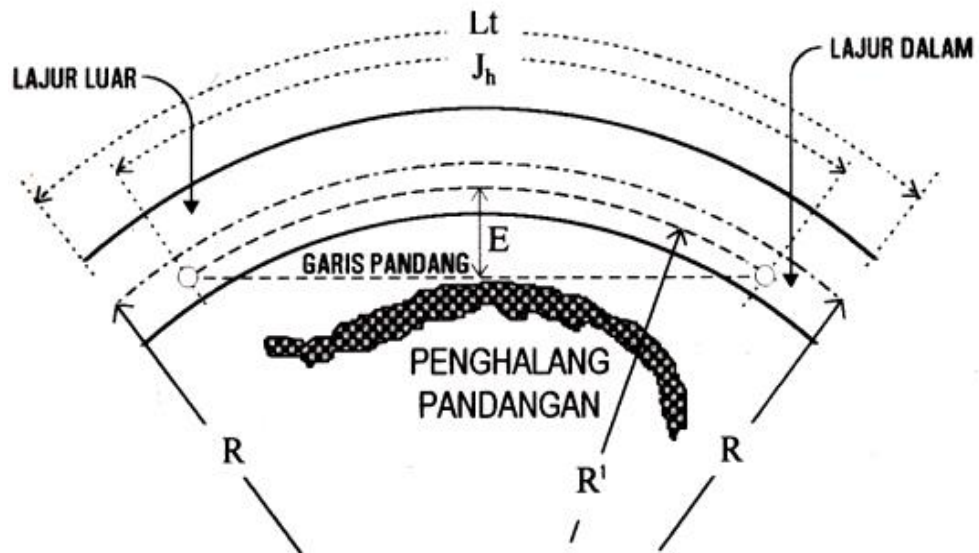
J_h = jarak pandang henti (m)

L_t = panjang tikungan (m)

Tabel 2.17 Nilai E untuk $J_h < L_t$

R (m)	$V_R = 20$	30	40	50	60	80	100	120
	$J = 16$	27	40	55	75	120	175	250
5000								1,6
3000								2,6
2000							1,9	3,9
1500							2,6	5,2
1200						1,5	3,2	6,5
1000						1,8	3,8	7,8
800						2,2	4,8	9,7
600						3	6,4	13
500						3,6	7,6	15,5
400					1,8	4,5	9,5	$R_{\max} = 500$
300					2,3	6	$R_{\max} = 350$	
250				1,5	2,8	7,1		
200				1,9	3,5	$R_{\max} = 210$		
175				2,2	4			
150				2,5	4,7			
130			1,5	2,9	5,4			
120			1,7	3,1	5,8			
110			1,8	3,4	$R_{\max} = 115$			
100			2	3,8				
90			2,2	4,2				
80			2,5	4,7				
70		1,5	2,8	$R_{\max} = 80$				
60		1,8	3,3					
50		2,3	3,9					
40		3	$R_{\max} \times = 50$					
30		$R_{\max} = 30$						
20	1,6							
15	2,1							
	$R_{\max} = 15$							

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)



Gambar 2.17 Daerah Bebas Samping Ditikungan Untuk $J_h < L_t$

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

2) Jika $J_h > L_t$

$$E = R \left(1 - \cos \frac{90 \cdot J_h}{R} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{90 \cdot J_h}{R} \right) \dots \dots \dots (2.65)$$

Keterangan :

E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

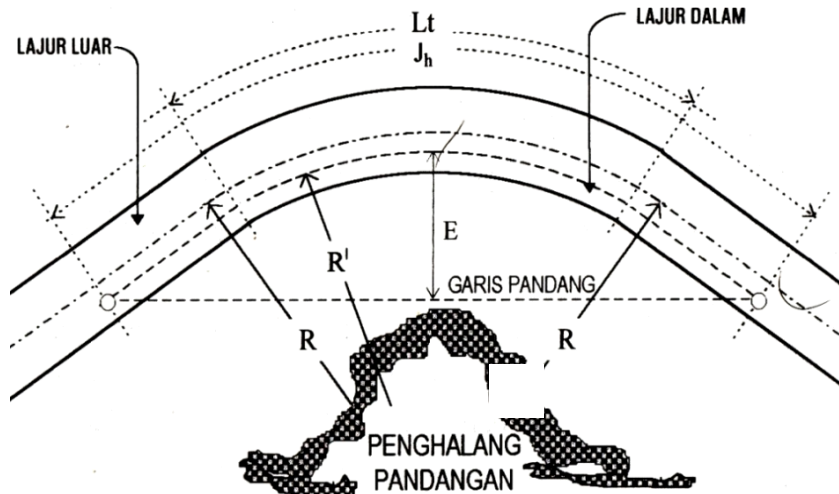
J_h = jarak pandang henti (m)

L_t = panjang tikungan (m)

Tabel 2.18 Nilai E untuk $J_h > L_t$

R (m)	$V_R = 20$	30	40	50	60	80	100	120
	J = 16	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,6
5000								1,9
3000							1,6	3,1
2000							2,5	4,7
1500						1,5	3,3	6,2
1200						2,1	4,1	7,8
1000						2,5	4,9	9,4
800					1,5	3,2	6,1	11,7
600					2	4,2	8,2	15,6
500					2,3	5,1	9,8	18,6
400				1,8	2,9	6,4	12,2	$R_{\max} = 500$
300			1,5	2,4	3,9	8,5	$R_{\max} = 350$	
250			1,8	2,9	4,7	10,1		
200			2,2	3,6	5,8	$R_{\max} = 210$		
175		1,5	2,6	4,1	6,7			
150		1,7	3	4,8	7,8			
130		2	3,5	5,5	8,9			
120		2,2	3,7	6	9,7			
110		2,4	4,1	6,5	$R_{\max} = 115$			
100		2,6	4,5	7,2				
90	1,5	2,9	5	7,9				
80	1,6	3,2	5,6	8,9				
70	1,9	3,7	6,4	$R_{\max} = 80$				
60	2,2	4,3	7,4					
50	2,6	5,1	8,8					
40	3,3	6,4	$R_{\max} \times = 50$					
30	4,4	8,4						
20	6,4	$R_{\max} = 30$						
15	8,4							
	$R_{\max} = 15$							

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

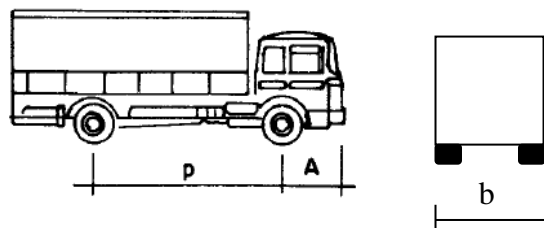


Gambar 2.18 Daerah bebas samping ditikungan untuk $J_h > L_t$

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

2.5.8 Pelebaran Perkerasan Di Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar jalur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan. (Shirley L. Hendarsin, 2000)



Gambar 2.19 Bentuk Dimensi Kendaraan

Keterangan :

p = jarak antar gandar = 6,5 meter

A = tonjolan depan kendaraan = 1,5 meter

b = lebar kendaraan = 2,5 meter

Adapun rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan pelebaran jalan pada tikungan menurut buku dasar-dasar perencanaan geometrik jalan (Silvia Sukirman) sebagai berikut:

$$B = \sqrt{\left(\sqrt{Rc^2 - (p + A)^2} + \frac{1}{2}b\right)^2 + (p + A)^2} - \sqrt{Rc^2 - (p + A)^2} + \frac{1}{2}b$$

$$= \sqrt{\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25\} + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \dots\dots\dots (2.66)$$

Keterangan :

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan
ditikungan pada lajur sebelah dalam (m)

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan.

Untuk lintasan luar roda depan (Rc) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Rc = R - \frac{1}{4}Bn + \frac{1}{2}b \dots\dots\dots (2.67)$$

Keterangan :

R = Jari-jari busur lingkaran pada tikungan (m)

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar Kendaraan Rencana (m)

$$Bt = n (B + C) + Z \dots\dots\dots (2.68)$$

Keterangan :

n = Jumlah jalur lalu lintas

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan
ditikungan pada lajur sebelah dalam (m)

C = Lebar kebebasan samping kiri dan kanan kendaraan 1,0 m

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan

Dimana nilai lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan (Z) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Z = 0,015 \frac{V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots (2.69)$$

Keterangan :

V = Kecepatan Rencana (km / jam)

R = Jari-jari tikungan

$$\Delta b = Bt - Bn \dots\dots\dots (2.70)$$

Keterangan :

Δb = Tambahan lebar perkerasan ditikungan (m)

Pelebaran perkerasan pada tikungan ini dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan kendaraan akan keluar dari jalurnya karena dipicu dengan kecepatan yang terlalu tinggi. Pelebaran ini dilakukan sepanjang pencapaian superelevasi.

2.6 Alinyemen Vertikal

Menurut (Hamirhan Saodang, 2010) Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan, yang umumnya biasa disebut dengan profil/penampang memanjang jalan.

2.6.1 Kelandaian Alinyemen Vertikal

Berikut ini beberapa faktor yang mempengaruhi kelandaian alinyemen vertikal antara lain :

1) Landai Minimum

Untuk tanah timbunan yang tidak menggunakan kerb, maka lereng melintang jalan dianggap sudah cukup untuk dapat mengalirkan air diatas badan jalan yang selanjutnya dibuang ke lereng jalan.

Untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15% yang dapat membantu mengalirkan air dari atas badan jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan. Sedangkan untuk jalan-jalan didaerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,30% – 0,50%. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan. (Hamirhan Saodang, 2010)

2) Landai Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan dikecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. (Hamirhan Saodang, 2010)

Tabel 2.19 Kelandaian Maksimum

Vr (Km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian Maksimum%	3	3	4	5	8	9	10	10

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

3) Panjang kritis suatu kelandaian

Panjang kritis yaitu panjang landau maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh Vr. Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit. (Hamirhan Saodang, 2010)

Tabel 2.20 Panjang Landai Kritis

Kecepatan pada awal tanjakan (km/jam)	Kelandaian (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

4) Lajur Pendakian

Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan di bawah kecepatan rencana (VR), sedangkan kendaraan lainnya masih dapat bergerak dengan kecepatan rencana. Dalam hal ini sebaiknya dipertimbangkan untuk membuat lajur tambahan di sebelah kiri lajur jalan. (Hamirhan Saodang, 2010)

Tabel 2.21 Lajur pendakian pada kelandaian khusus jalan luar kota (2/2 TB)

Panjang	Ambang arus lalu lintas (kend/jam) tahun 1, Jam puncak		
	Kelandaian		
	3%	5%	7%
0,5 km	500	400	300
> 1 km	325	300	300

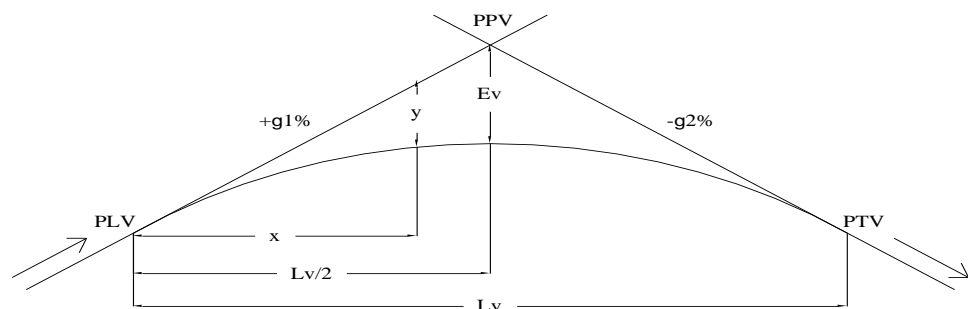
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

2.6.2 Lengkung Vertikal

Pergantian dari suatu kelandaian ke kelandaian berikutnya, dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Lengkung vertikal direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi keamanan, kenyamanan, dan drainase. (Hamirhan Saodang, 2010)

Jenis lengkung vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua bagian yang lurus (tangen). Lengkung vertikal terbagi menjadi dua antara lain :

- 1) Lengkung vertikal cembung, adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan.



Gambar 2.20 Lengkung Vertikal Cembung

(Sumber: Konstruksi jalan raya, 2010)

Keterangan :

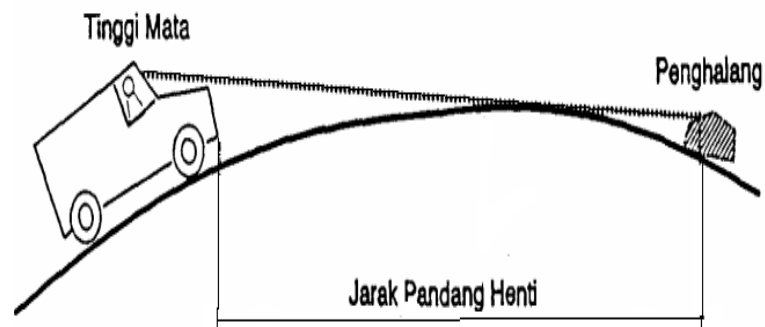
g_1 dan g_2 = Besarnya kelandaian (%)

Tanda (+) = Pendakian

Tanda (-) = Penurunan

E_v = Pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

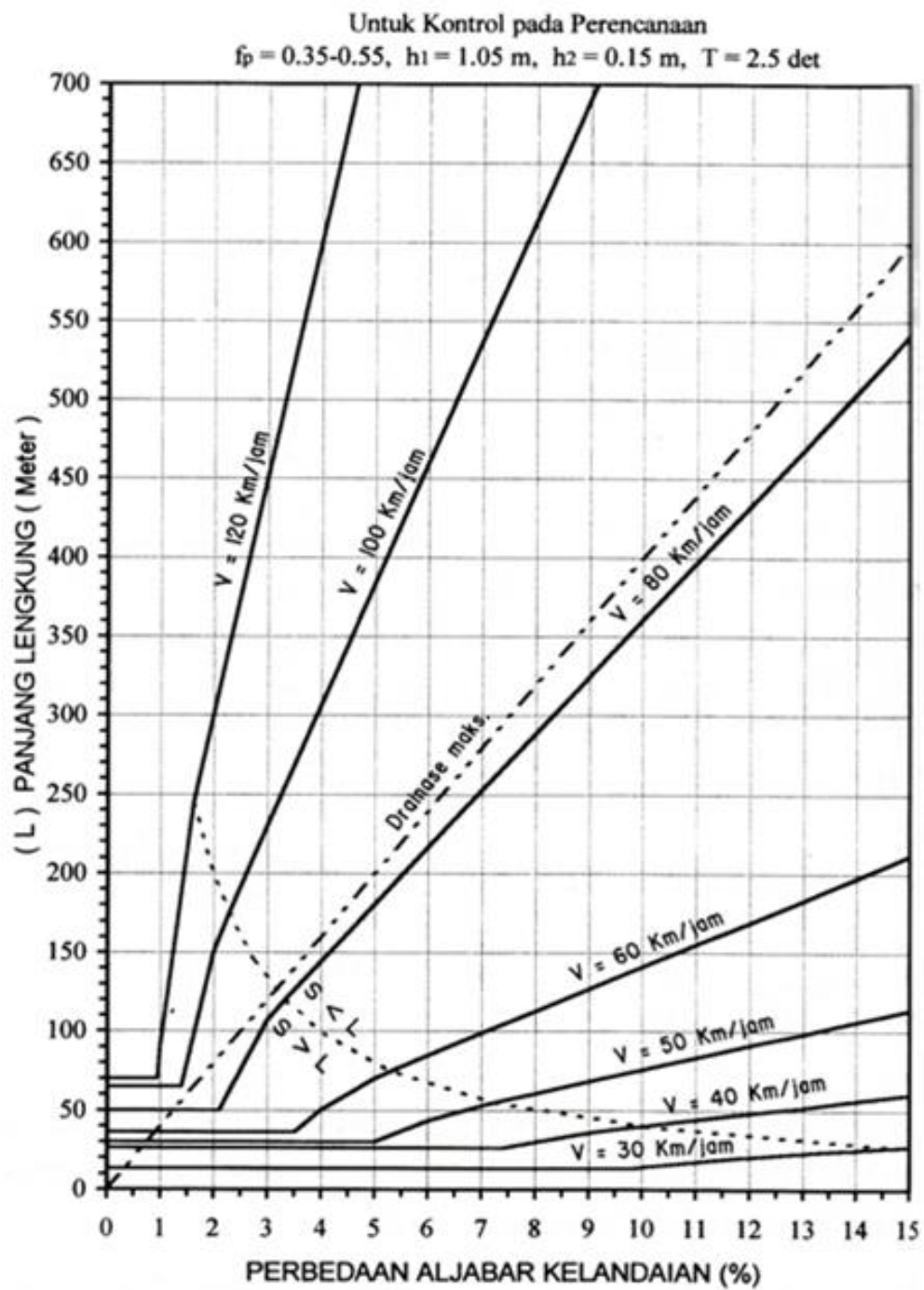
PPV = Titik perpotongan vertikal



Gambar 2.21 Jarak Pandang Lengkung Vertikal Cembung

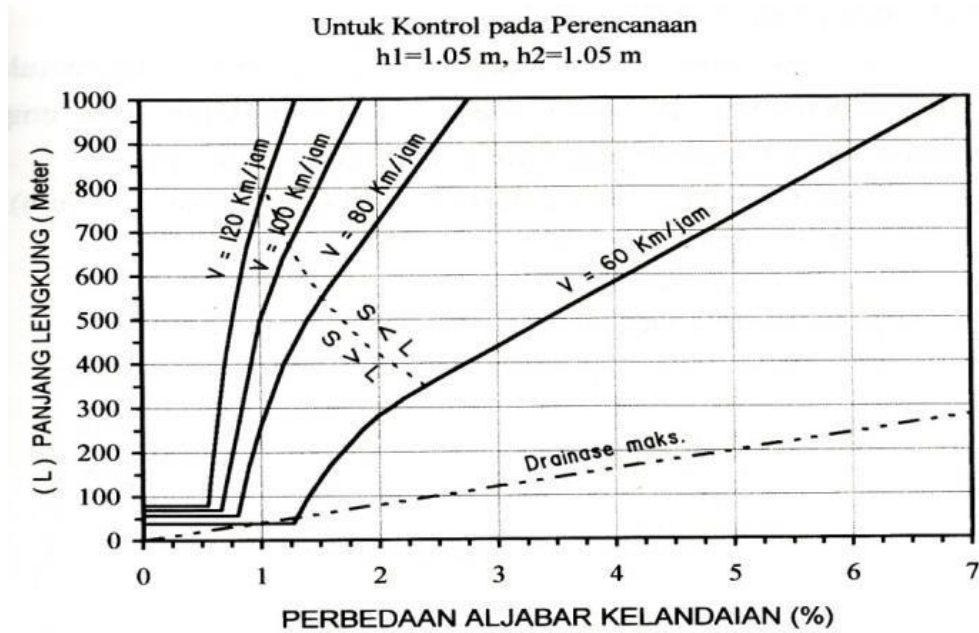
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

Untuk menentukan Panjang lengkung vertikal cembung, L_v dapat juga ditentukan berdasarkan Grafik I pada Gambar 2.22 (untuk jarak pandang henti) dan Grafik II dan III pada Gambar 2.23 dan 2.24 (untuk jarak pandang mendahului) dibawah ini



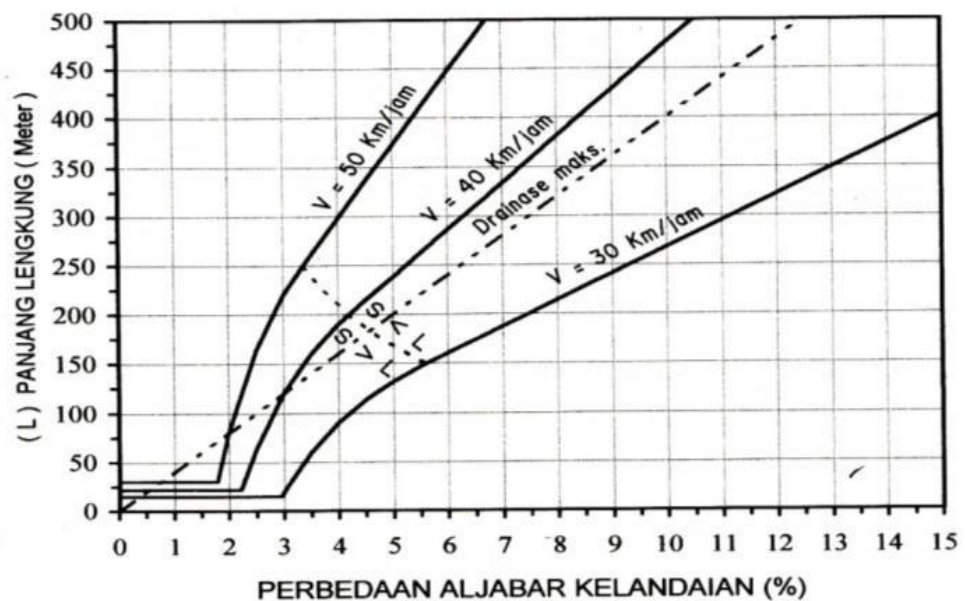
Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan jarak pandang henti (J_h)

(Sumber: Perencanaan teknik jalan raya, 2000)



Gambar 2.23 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului

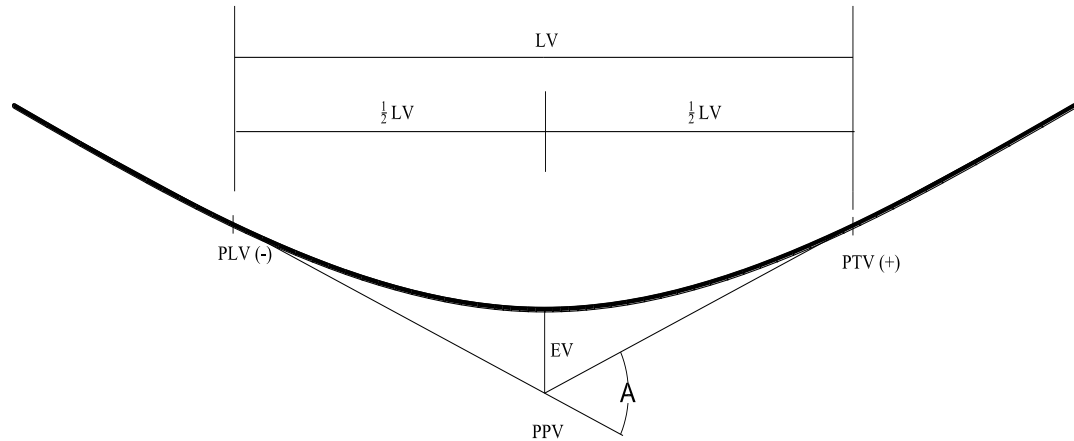
(Sumber: Perencanaan teknik jalan raya, 2000)



Gambar 2.24 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului

(Sumber: Perencanaan teknik jalan raya, 2000)

- 2) Lengkung vertikal cekung, adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.



Gambar 2.25 Lengkung Vertikal Cekung

(Sumber: Konstruksi jalan raya, 2010)

Keterangan :

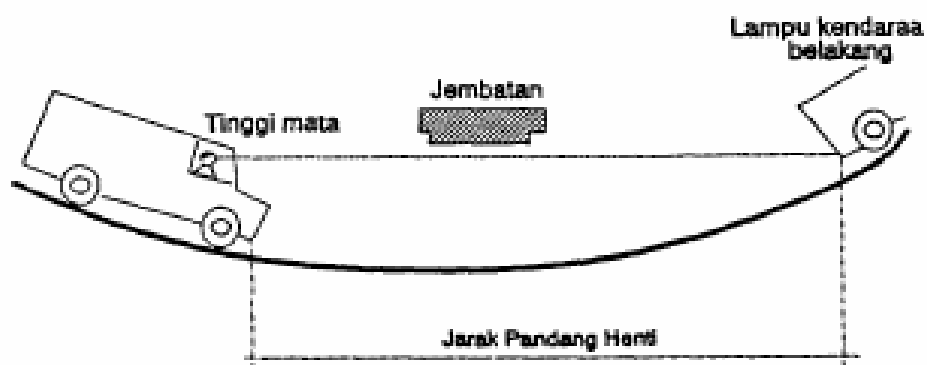
g_1 dan g_2 = Besarnya kelandaian (%)

Tanda (+) = Pendakian

Tanda (-) = Penurunan

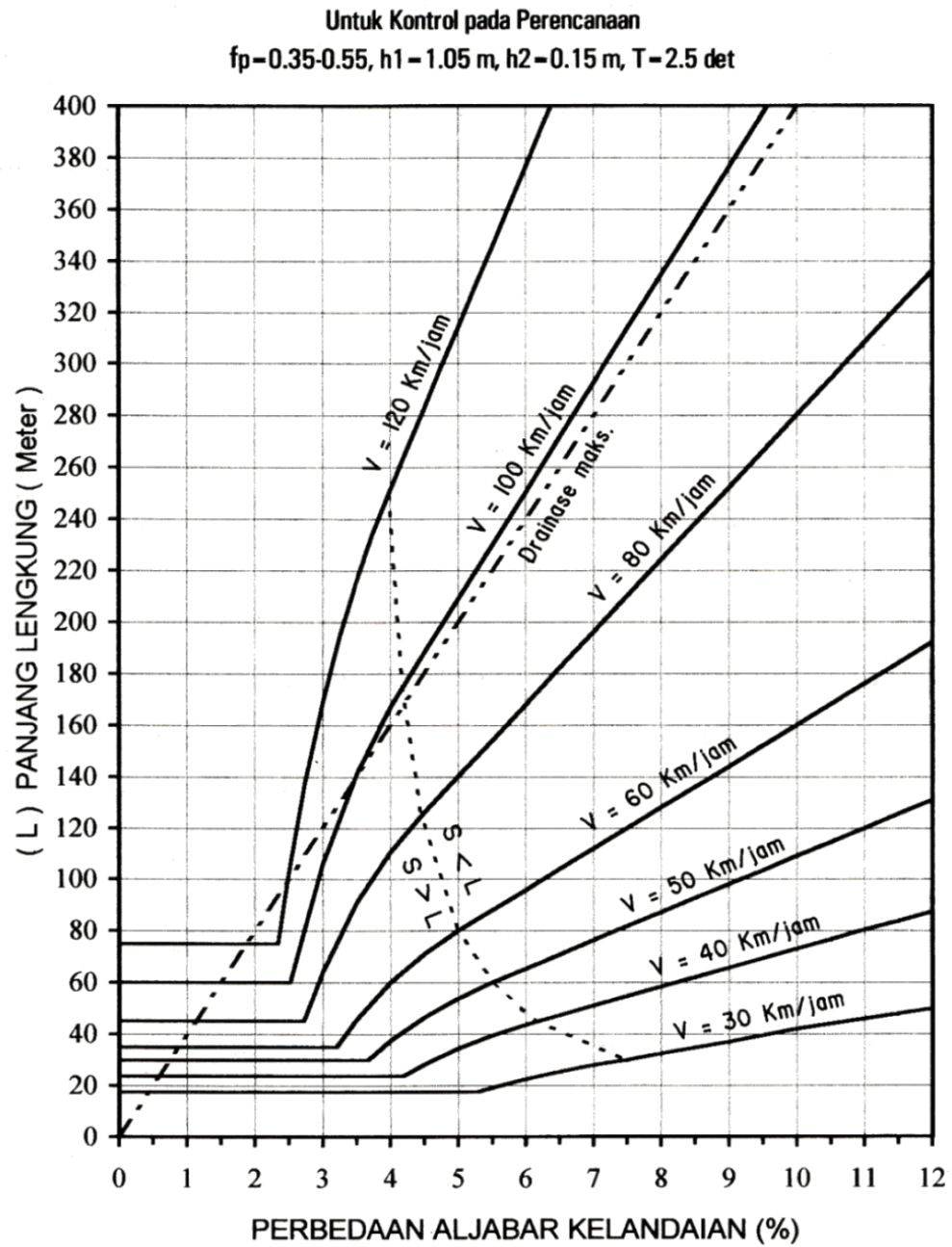
Ev = Pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

PPV = Titik perpotongan vertikal



Gambar 2.26 Jarak Pandang Lengkung Vertikal Cekung

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)



Gambar 2.27 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

(Sumber: Perencanaan teknik jalan raya, 2000)

2.7 Perencanaan Galian dan Timbunan

Didalam perencanaan jalan antar kota diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan.

Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan :

- Penentuan stasioning sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase).
- Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) untuk memperlihatkan perbedaan tinggi muka tanah asli dengan tinggi muka perkerasan yang akan direncanakan.
- Gambarkan profil melintang pada tiap titik stasioning sehingga dapat luas penampang galian dan timbunan.
- Hitung volume galian dan timbunan dengan mengkalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak antar patok.

Tabel 2.22 Perhitungan Galian Timbunan

STA	Luas (m2)		Jarak (m)	Volume (m3)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A	A	L	$\frac{A + B}{2} \times L = C$	$\frac{A+B}{2} \times L = C$
0+100	B	B		$\frac{A + B}{2} \times L = C$	$\frac{A+B}{2} \times L = C$
JUMLAH				$\sum C$	$\sum C$

(Sumber : Hendra Suryadharm, 1999)

2.8 Perencanaan Tebal Perkerasann

Menurut (Shirley L.Hendarsin, 2000) Perkerasan jalan adalah kontruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Jenis kontruksi perkerasan pada umumnya ada dua jenis, yaitu :

1) Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

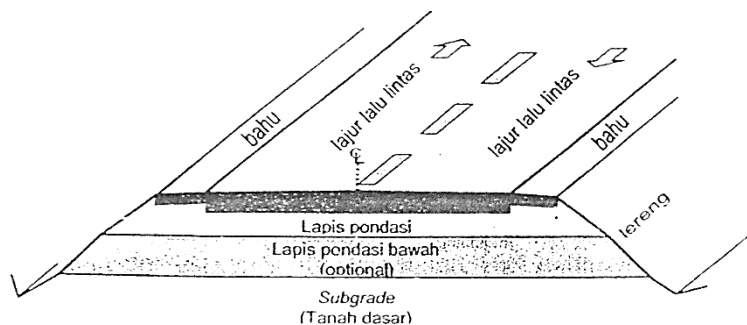
2) Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Selain dari dua jenis tersebut, sekarang telah banyak digunakan jenis gabungan (*composite pavement*), yaitu perpaduan antara lentur dan kaku. Perencanaan konstruksi perkerasan juga dapat dibedakan antara perencanaan jalan baru dan untuk peningkatan (jalan lama yang sudah diperkeras).

a. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Pada umumnya perkerasan lentur digunakan untuk jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai dengan sedang. (silvia sukirman, 2010)

Struktur perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapis yang makin ke bawah memiliki daya dukung yang semakin jelek. Gambar 2.12 menunjukkan jenis lapis perkerasan dan letaknya, yaitu :



Gambar 2.28 Struktur Perkerasan Lentur

(Sumber : Silvia Sukirman 2010)

1. Lapis permukaan (*Surface course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan. Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, berstabilitas tinggi, dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan.

2. Lapis pondasi (*Base course*)

Lapis pondasi merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Jika tidak menggunakan lapis pondasi bawah maka lapis pondasi langsung di atas permukaan tanah dasar. Agregat yang digunakan pada lapisan ini ialah agregat kelas A.

3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar. Agregat yang digunakan pada pondasi ini agregat kelas B.

4. Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapis tanah dasar adalah lapis tanah setebal 50-100 cm di atas mana diletakkan lapis pondasi bawah dan tau lapis pondasi. Mutu persiapan lapis tanah dasar sebagai perletakan struktur perkerasan jalan sangat menentukan ketahanan struktur dalam menerima beban lalu lintas selama masa pelayanan.

2.8.1 Kriteria Perencanaan

1) Lalu lintas

a) Jumlah lajur dan tebal lajur rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari tabel lebar perkerasan berikut :

Tabel 2.23 Jumlah Lajur berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
$L < 4,5 \text{ m}$	1
$4,5 \text{ m} \leq L < 8,00 \text{ m}$	2
$8,00 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4

$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,50 \text{ m}$	6

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

b) Distribusi kendaraan per lajur rencana

Distribusi kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana adalah sesuai dengan jumlah lajur dan arah. Distribusi kendaraan ringan dan berat pada lajur rencana dipengaruhi oleh volume lalu lintas, sehingga untuk menetapkan diperlukan survey. Namun demikian, koefisien distribusi kendaraan (D_L) dapat menggunakan pendekatan sesuai pada tabel berikut:

Tabel 2.24 - Koefisien distribusi kendaraan per lajur rencana (D_L)

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan*		Kendaraan berat**	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1	1	1	1
2	0,6	0,5	0,7	0,5
3	0,4	0,4	0,5	0,475
4	0,3	0,3	0,4	0,45
5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,2	-	0,4

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Keterangan : *) Mobil Penumpang

**) Truk dan Bus

c) Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (LEF)

Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (*Load Equivalency Factor*, LEF) setiap kelas kendaraan adalah sesuai dengan beban sumbu setiap kelas kendaraan, yaitu konfigurasi sumbu tunggal, sumbu ganda (tandem), dan sumbu tiga (triple). Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan dapat dihitung sesuai persamaan dibawah ini:

$$LEF = \frac{W_{t18}}{W_{tx}} \dots\dots\dots (2.71)$$

$$\text{Log} \left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}} \right) = 4,79 \log (18+1) - 4,79 \log (Lx + L2) + 4,33 \log L2 + \frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,40 + \frac{0,081(Lx+L2)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19} \cdot L2^{3,23}}} - \frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,40 + \frac{0,081(18+1)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19}}} \quad (2.72)$$

Keterangan :

LEF = Angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban sumbu standar.

W_{tx} = Angka beban sumbu x pada akhir waktu t

W_{t18} = Angka 18-kip (80Kn) beban sumbu tunggal untuk waktu t

Lx = Beban dalam kip pada satu sumbu tunggal atau pada sumbu ganda (tandem), atau satu sumbu tridem

$L2$ = Kode beban (1 untuk poros tunggal, 2 untuk poros tandem, 3 untuk as roda tridem)

SN = Nilai structural, yang merupakan fungsi dari ketebalan dan modulus setiap lapisan dan kondisi drainase dari fondasi dan fondasi bawah

ΔIP = Perbedaan antara indeks pelayanan awal pada umur rencana (IP_0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IP_t)

IP_f = Indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

d) Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana (w_{18})

Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana (w_{18}) diberikan dalam komulatif beban sumbu standar. Untuk mendapatkan lalu lintas pada lajur rencana ini, digunakan persamaan berikut :

$$w_{18} = 365 \cdot DL \cdot \hat{w}_{18} \dots\dots\dots (2.73)$$

Keterangan :

w18 = Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana per tahun

DL = Faktor distribusi lajur pada lajur rencana (tabel 2.23)

$\hat{w}18$ = Akumulasi beban sumbu standar komulatif per hari,
sesuai persamaan dibawah ini

e) Akumulasi beban sumbu standar selama umur rencana (W_t
atau $W18$)

Lalu lintas yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan beban sumbu standar kumulatif pada lajur rencana selama setahun ($w18$) dengan besaran kenaikan lalu lintas (*traffic growth*). Secara numerik rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$W_t = W18 = w18 \cdot \left(\frac{(1+g)^n - 1}{g} \right) \dots\dots\dots (2.74)$$

Keterangan :

$W_t = W18$ = Jumlah beban sumbu tunggal standar komulatif pada
lajur rencana

w_{18} = Beban sumbu standar komulatif selama 1 tahun pada
lajur rencana

n = Umur pelayanan (tahun)

g = Perkembangan lalu lintas (%)

2) Tingkat kepercayaan (*reliabilitas*)

Penyertaan tingkat kepercayaan pada dasarnya merupakan cara untuk memasukkan faktor ketidakpastian ke dalam proses perancangan, yaitu dalam rangka memastikan bahwa berbagai alternatif perkerasan akan bertahan selama umur rencana. Faktor tingkat kepercayaan memperhitungkan kemungkinan adanya variasi pada lalu lintas dua arah prediksi ($w18$) serta prediksi kinerja, sehingga dapat memberikan tingkat kepastian (R) yang seksi

perkerasannya akan bertahan (survive) selama umur rencana yang ditetapkan.

Pada umumnya, dengan meningkatnya volume lalu-lintas dan kesukaran untuk mengalihkan lalu-lintas, resiko tidak memperlihatkan kinerja yang diharapkan harus ditekan. Hal ini dapat diatasi dengan memilih tingkat *reliabilitas* yang lebih tinggi. Tabel 2.25 memperlihatkan rekomendasi tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan. Perlu dicatat bahwa tingkat reliabilitas yang lebih tinggi menunjukkan jalan yang melayani lalu-lintas paling banyak, sedangkan tingkat yang paling rendah, 50 % menunjukkan jalan lokal.

Reliabilitas kinerja perancangan dikontrol dengan faktor reliabilitas (FR) yang dikalikan dengan perkiraan lalu lintas (w_{18}) selama umur rencana. Untuk tingkat reliabilitas (R) yang diberikan, faktor reliabilitas merupakan fungsi dari deviasi standar keseluruhan (overall standar deviation, S_0) yang memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu lintas dan perkiraan kinerja untuk w_{18} yang diberikan. Dalam persamaan perancangan perkerasan lentur, tingkat kepercayaan (R) diakomodasi dengan parameter deviasi normal standar (standard normal deviate, ZR). Tabel 2.26 memperlihatkan nilai ZR untuk tingkat pelayanan tertentu.

Tabel 2.25 Rekomendasi tingkat realibilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan

Klasifikasi jalan	Rekomendasi tingkat reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas hambatan	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Penerapan konsep reliability harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini :

- Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota
- Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.25
- Deviasi standar (S_0) harus dipilih yang mewakili kondisi setempat
Rentang nilai s_0 adalah 0,35 – 0,45.

Tabel 2.26 Deviasi normal standar (Z_R) untuk berbagai tingkat kepercayaan (R)

Tingkat Kepercayaan, R (%)	Deviasi Normal Standar, (Z_R)	Tingkat kepercayaan R (%)	Deviasi Normal Standar, (Z_R)	Tingkat kepercayaan R (%)	Deviasi Normal Standar, (Z_R)
50,00	- 0,000	90,00	- 1,282	96,00	- 1,751
60,00	- 0,253	91,00	- 1,340	97,00	- 1,881
70,00	- 0,524	92,00	- 1,405	98,00	- 2,054
75,00	- 0,674	93,00	- 1,476	99,00	- 2,327
80,00	- 0,841	94,00	- 1,555	99,90	- 3,090
85,00	- 1,037	95,00	- 1,645	99,99	- 3,750

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

3) Drainase

Klasifikasi drainase pada perkerasan jalan lentur berdasarkan fungsinya adalah drainase permukaan (surface drainage) dan drainase bawah permukaan (sub surface drainage).

Kualitas drainase menurut AASHTO 1993 maupun NCHRP 1-37A adalah berdasarkan pada metoda time-to-drain. Time-to-drain adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem perkerasan untuk mengalirkan air dari keadaan jenuh sampai pada derajat kejenuhan 50%.

Nilai dari time-to-drain ditentukan dengan persamaan dibawah ini :

$$t = T50 \cdot m_d \cdot 24 \dots\dots\dots (2.75)$$

Keterangan :

t = Time-to-drain (jam)

$T50$ = Time factor

m_d = faktor yang berhubungan dengan porositas efektif, permeabilitas, resultan panjang serta tebal lapisan drainase

Nilai time faktor (T_{50}) ditentukan oleh geometrik dari lapisan drainase. Geometrik lapisan drainase terdiri atas resultan kemiringan (resultan slope, S_R), resultan panjang pengaliran (*resultant length*, L_R) dan ketebalan dari lapisan drainase. Ilustrasi dari geometri jalan disajikan pada gambar 2.28. Nilai S_R dan L_R diperoleh berdasarkan pada panjang nyata dari lapisan drainase dan dihitung dengan menentukan terlebih dahulu kemiringan melintang (S_x) dan kemiringan memanjang (S).

Faktor-faktor geometri tersebut dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan (*slope factor*, S_1) dengan persamaan berikut :

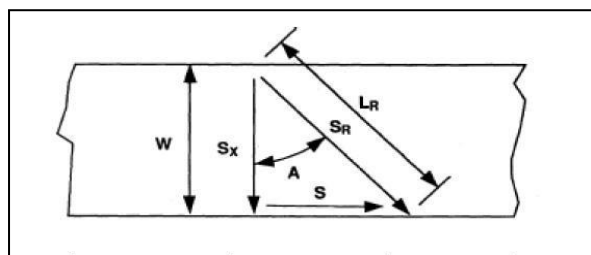
$$S_1 = \frac{L_R \cdot S_R}{H} \dots\dots\dots (2.76)$$

Keterangan :

$$S_R = (S^2 + S_x^2)^{1/2}$$

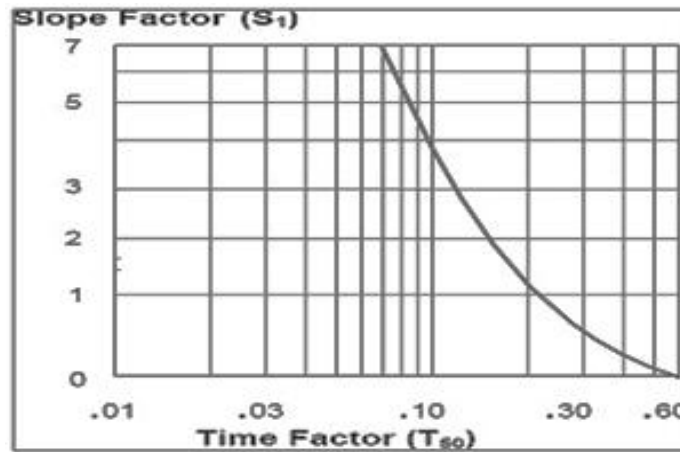
$$L_R = W \left(1 + \left(\frac{S}{S_x} \right)^2 \right)^{1/2}$$

H = Tebal dari lapisan permeable (ft)



Gambar 2.29 Geomteri Jalan (ERES-1999 dalam LRRB-2009)

Untuk menentukan nilai T digunakan suatu grafik T_{50} seperti pada Gambar 2.30, grafik ini hanya dapat digunakan untuk satu derajat kejenuhan saja yaitu derajat kejenuhan 50%.



Gambar 2.30 Grafik *Time Factor* Untuk Derajat Kejenuhan 50% (FHWA, 2006)

Nilai “ m_d ” pada Persamaan 2.74 dihitung dengan persamaan berikut:

$$m_d = \frac{n_e \cdot L R^2}{k \cdot H} \dots\dots\dots (2.77)$$

Keterangan :

n_e = Porositas efektif lapisan drainase

k = Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari sesuai Persamaan 2.77 atau Gambar 2.30.

L_R = Resultan panjang (feet)

H = tebal lapisan drainase dalam feet

$$K = \frac{6,214 \cdot 10^5 \cdot D_{10}^{1,478} \cdot n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}} \dots\dots\dots (2.78)$$

Keterangan :

k = Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari

P_{200} = Berat agregat yang lolos saringan no 200 dalam persen

D_{10} = Ukuran efektif atau ukuran butir agregat 10% berat lolos saringan

N = Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume

Persamaan untuk menentukan koefisien drainase yang akan digunakan, mencakup:

a) Menghitung porositas material.

$$n = 1 - \left(\frac{\gamma_d}{62,4 \cdot G} \right) \dots\dots\dots (2.79)$$

Keterangan:

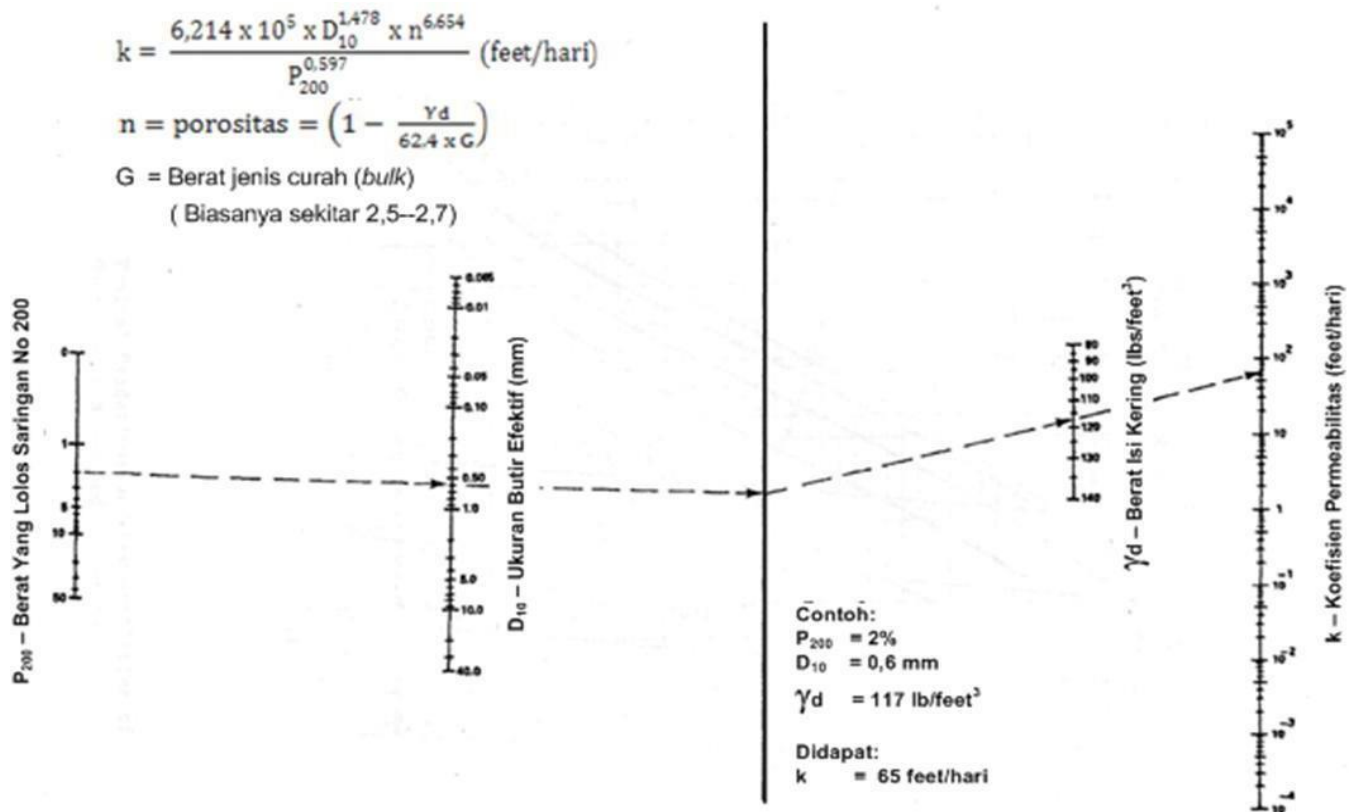
n = Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume.

γ_d = Kepadatan kering dalam lb/ft³

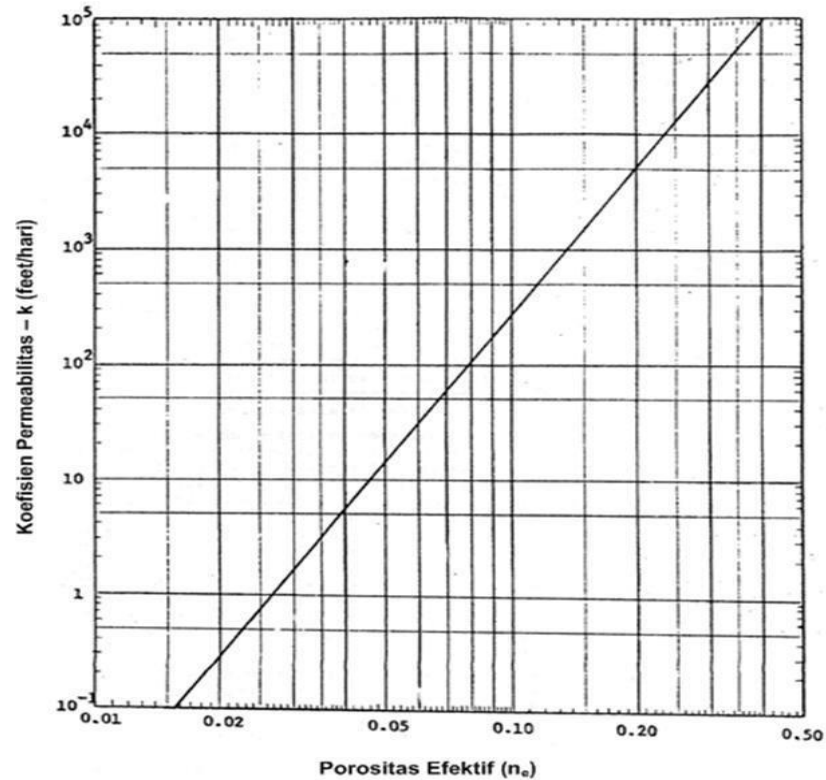
G = Berat jenis curah (*bulk*), biasanya sekitar 2,5--2,7

b) Menghitung porositas efektif lapisan drainase.

Nilai porositas efektif (n_e) dapat menggunakan Gambar 2.32



Gambar 2.31 Grafik Untuk Mengestimasi Koefisien Permeabilitas Drainase Granural Dan Material Filter (FHWA, 1990)



Gambar 2.32 Grafik Untuk Menetapkan Porositas Efektif, n_e (FHWA, 1990)

c) Menghitung resultan kemiringan (slope resultant).

$$SR = (S^2 + S_x^2)^{1/2} \dots\dots\dots (2.80)$$

Keterangan :

S_R = Resultan kemiringan (%)

S = Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

S_x = Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

d) Menghitung resultan panjang (*length resultant*)

$$LR = W \left(1 + \left(\frac{S}{S_x} \right)^2 \right)^{1/2} \dots\dots\dots (2.81)$$

Keterangan :

L_R = Resultan panjang (feet)

W = Lebar lapisan drainase (feet)

S = Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

S_x = Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

- e) Persamaan untuk menghitung *slope factor* (S_1) digunakan Persamaan 2.76
- f) Persamaan untuk menghitung faktor “ m_d ” digunakan Persamaan 2.77
- g) Persamaan untuk menghitung nilai *Time-to-drain* digunakan Persamaan 2.75

Langkah-langkah untuk menghitung nilai koefisien drainase (m) adalah sebagai berikut:

- Hitung nilai koefisien permeabilitas (k) dengan menggunakan Persamaan 2.78 atau Gambar 2.31.
- Hitung nilai porositas material (n) dengan menggunakan Persamaan 2.79
- Hitung nilai porositas efektif lapisan drainase (n_e) dengan Gambar 2.32
- Hitung resultan kemiringan (*slope resultant*, S_R) dengan menggunakan Persamaan 2.80
- Hitung resultan panjang (*length resultant*, L_R) dengan menggunakan Persamaan 2.81
- Hitung faktor kemiringan (*slope factor*, (S_1)) dengan menggunakan Persamaan 2.77
- Tentukan nilai *time factor* dengan derajat kejenuhan 50% (T_{50}) dari hasil perhitungan S_1 berdasarkan pada Gambar 2.30
- Hitung faktor “ m_d ” dengan menggunakan Persamaan 2.77
- Hitung nilai *Time-to-drain* (t) dengan menggunakan Persamaan 2.75
- Dari nilai t yang diperoleh kemudian tentukan kualitas drainase dengan mengacu pada Tabel 2.27
- Nilai koefisien drainase m yang akan digunakan dalam perancangan ditentukan dari kualitas drainase hasil perhitungan di

atas dan perkiraan persen waktu perkerasan yang dipengaruhi oleh air mendekati kondisi jenuh sesuai dengan Tabel 2.28

Tahapan perhitungan dalam penentuan koefien drainase pada perkerasan lentur disajikan pada Gambar 2.33

Koefisien drainase untuk mengakomodasi kualitas sistem drainase yang dimiliki perkerasan jalan dan definisi umum mengenai kualitas drainase disajikan pada Tabel 2.27.

Tabel 2.27 Definisi kualitas drainase

Kualitas drainase	Air hilang dalam
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan
Jelek sekali	air tidak akan mengalir

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Kualitas drainase pada perkerasan lentur diperhitungkan dalam perancangan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang dimodifikasi. Faktor untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif ini adalah koefisien drainase (m) dan disertakan ke dalam Persamaan Nilai Struktural (*Structural Number*, SN) bersama-sama dengan koefisien kekuatan relatif (a) dan ketebalan (D).

Tabel 2.28 memperlihatkan nilai koefisien drainase (m) yang merupakan fungsi dari kualitas drainase dan persen waktu selama setahun struktur perkerasan akan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh.

Tabel 2.28 Koefisien drainase (m) untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif material *untreated base* dan *subbase*

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1 %	1--5 %	5--25 %	> 25 %
Baik sekali	1,40--1,35	1,35--1,30	1,30--1,20	1,20
Baik	1,35--1,25	1,25--1,15	1,15--1,00	1,00
Sedang	1,25--1,15	1,15--1,05	1,00--0,80	0,80
Jelek	1,15--1,05	1,05--0,80	0,80--0,60	0,60
Jelek sekali	1,05--0,95	0,95--0,75	0,75--0,40	0,40

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

4) Kinerja Perkerasan

Pada metode ini tingkat pelayanan perkerasan dinyatakan dengan “indeks pelayanan (IP) saat ini” (*present serviceability index*, PSI), yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran ketidakrataan (*roughness*) dan kerusakan (alur, retak dan tambalan). Nilai PSI berkisar antara 0 sampai 5, nilai lima menunjukkan bahwa perkerasan mempunyai kondisi yang ideal (paling baik), sedangkan nilai nol menunjukkan bahwa perkerasan tidak dapat dilalui kendaraan. Untuk keperluan perancangan, diperlukan penentuan indeks pelayanan awal dan indeks pelayanan akhir.

Indeks pelayanan awal (IP_O) diperoleh berdasarkan perkiraan pengguna jalan terhadap kondisi perkerasan yang selesai dibangun. Pada *AASHO Road Test*, indeks pelayanan awal yang digunakan untuk perkerasan lentur adalah 4,2. Karena adanya variasi metode pelaksanaan dan standar bahan, indeks pelayanan awal sebaiknya ditetapkan menurut kondisi setempat. Indeks pelayanan akhir (IP_I) merupakan tingkat pelayanan terendah yang masih dapat diterima sebelum perkerasan perlu diperkuat atau direkonstruksi. Untuk jalan-jalan utama, indeks pelayanan akhir yang sebaiknya digunakan minimum 2,5; sedangkan untuk jalan-jalan yang kelasnya lebih rendah dapat digunakan 2,0.

Dalam menentukan indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (IP_t), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2.29.

Dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0), perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana. Pada Tabel 2.30 disajikan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) untuk beberapa jenis lapis perkerasan.

Tabel 2.29 Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur pada akhir umur rencana

Klasifikasi Jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Akhir Umur Rencana (IP_t)
Bebas Hambatan	$>2,5$
Arteri	$>2,5$
Kolektor	$>2,0$

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.30 Indeks Pelayanan pada awal Umur Rencana (IP_0)

Jenis lapis Perkerasan	IP_0
Lapis beton aspal (Laton/AC) dan lapis beton aspal modifikasi (laston Modifikasi /AC-mod)	> 4
Lapis tipis beton aspal (Laston /HRS)	> 4

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

5) Daya dukung tanah dasar

Karakteristik bahan perkerasan pada pedoman ini ditetapkan berdasarkan modulus elastis atau modulus resilien. Untuk tanah dasar, modulus resilien harus ditentukan melalui pengujian di laboratorium (menurut AASHTO T 274) terhadap contoh yang representatif pada tekanan dan kondisi kadar air yang mencerminkan tekanan dan kadar air di lapangan.

- CBR segmen jalan

Jalan dalam arah memanjang cukup panjang dibandingkan dengan jalan dengan arah melintang. Jalan tersebut dapat saja melintasi jenis tanah dan keadaan medan yang berbeda-beda. Kekuatan tanah dasar dapat bervariasi antara nilai yang baik dan yang jelek. Dengan demikian akan tidak ekonomis jika perancangan tebal lapisan perkerasan jalan berdasarkan nilai yang terjelek dan tidak pula memenuhi syarat jika berdasarkan hanya nilai terbesar saja.

Setiap segmen mempunyai satu nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan digunakan untuk perancangan tebal lapisan perkerasan dari segmen tersebut. Nilai CBR segmen dapat ditentukan dengan mempergunakan cara analitis sesuai Manual for Design and Construction of Asphalt Pavement-Japan Road Association, JRA (1980), yaitu seperti disajikan pada persamaan di bawah ini.

$$\text{CBR segmen} = \text{CBR rata-rata} - \frac{\text{CBR maks} - \text{CBR min}}{F} \dots\dots\dots (2.81)$$

Keterangan :

CBRsegmen = Nilai CBR yang mewakili pada segmen yang ditinjau

CBRmaksimum = Nilai CBR tertinggi pada sepanjang segmen yang ditinjau

CBRminimum = Nilai CBR terendah pada sepanjang segmen yang ditinjau

CBRrata-rata = Nilai CBR rata-rata pada sepanjang segmen yang ditinjau

F = Koefisien yang disajikan pada Tabel 2.31.

Tabel 2.31 Nilai F untuk perhitungan CBR segmen

Jumlah titik pengamatan (buah)	Koefisien F
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
≥10	3,18

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Modulus resilien (M_R) tanah dasar juga dapat diperkirakan dari CBR dan hasil atau nilai tes *soil index*. Korelasi Modulus Resilien dengan nilai CBR (Heukelom & Klomp) berikut ini dapat digunakan untuk tanah berbutir halus (*fine-grained soil*) dengan nilai CBR terendam 10 % atau lebih kecil.

$$M_R \text{ (psi).} = 1.500 \times \text{CBR} \dots\dots\dots (2.82)$$

Untuk tanah berbutir dengan nilai CBR terendam di atas 10%, gunakan persamaan berikut ini.

$$M_R \text{ (psi).} = 3.000 \times \text{CBR}^{0,65} \dots\dots\dots (2.83)$$

6) Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah disajikan pada tabel 2.32.

Tabel 2.32 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Jalan (a)

Jenis bahan	Kekuatan bahan						Koefisien kekuatan relatif		
	Modulus elastis		Stabilitas marshal (kg)	Kuat tekan bebas (kg/cm ²)	ITS (kPa)	CBR (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(Mpa)	(x1000p si)							
1. Lapis permukaan									
Laston modifikasi									
- Lapis aus modifikasi	3200 ⁽⁵⁾	460	1000				0,414		
- Lapisantara modifikasi	3500 ⁽⁵⁾	508	1000				0,36		
- Laston									
- lapis aus	3000 ⁽⁵⁾	435	800				0,4		
- lapis antara	3200 ⁽⁵⁾	464	800				0,344		
- lataston									
- lapis aus	2300 ⁽⁵⁾	340	800				0,35		
2. lapis pondasi									
- lapispondasi laston modifikasi	3700 ⁽⁵⁾	536	2250 ⁽²⁾					0,305	
- lapis pondasi laston	3300 ⁽⁵⁾	480	1800 ⁽²⁾					0,29	
- lapis pondasi lataston	2400 ⁽⁵⁾	350	800						
- lapispondasi lapen								0,19	
- CMRFB(Cold Mix Recycling Foam Bitumen)					300			0,27	
Beton padat giling	5900	850		70 ⁽³⁾				0,23	
CTB	5350	776		45				0,21	
CTRB	4450	645		35				0,17	
CTSB	4450	645		35				0,17	
CTRSB	4270	619		30				0,16	
Tanah semen	4000	580		24 ⁽⁴⁾				0,145	

Tanah kapur	3900	566		20 ⁽⁴⁾				0,14	
Agregat kelas A	200	29				90		0,135	
3. Lapis Pondasi Bawah									
Agregat kelas B	125	18				60			0,125
Agregat kelas C	103	15				35			0,112
Konstruksi Telford									
Pemadatan mekanis						52			0,104
Pemadatan manual						32			0,074
Material pilihan	84	12				10			0,08

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Keterangan :

- Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi atau *modified asphalt* (seperti aspal polimer, aspal yang dimodifikasi asbuton, *multigrade*, aspal pen 40 dan aspal pen 60 dengan aditive campuran seperti asbuton butir), termasuk asbuton campuran panas.
- Diameter benda uji 60 inchi
- Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
- Kuat tejan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
- Pengujian modulus elastis menggunakan alat UMMATTA pada temperature 25° c, bebas 2500 N dan rise time 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO *designation* R 30 – 02 (2006).

7) Pemilihan tipe lapisan beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk). Pada tabel 2.33 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 2.33 Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lalulintas rencana dan kecepatan kendaraan

Lalulintas rencana (juta)	Tipe lapisan beraspal	
	Kecepatan kendaraan 20-70 km/jam	Kecepatan kendaraan \geq 70 km/jam
< 0,3	Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah	
0,3 – 1,0	Lapis tipis beton aspal (Lataston/HRS)	Lapis tipis beton aspal (Lataston/HRS)
10 – 30	Lapis beton aspal (Laston/AC)	Lapis beton aspal (Laston/AC)
≥ 30	Lapis Beton Aus Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)	Lapis beton aspal (Laston/AC)

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Catatan : untuk lokasi setempat dengan kecepatan kendaraan <20 km/jam sebaiknya menggunakan perkerasan kaku.

8) Ketebalan minimum lapisan perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis. Pada Tabel 2.34 disajikan tebal minimum untuk lapis permukaan, lapis fondasi dan lapis fondasi bawah.

Tabel 2.34 minimum lapisan perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(Inchi)	(cm)
1. Lapis permukaan		
Laston modifikasi		
- Lapis aus modifikasi	1,6	4,0
- Lapis antara modifikasi	2,4	6,0
Laston		
- lapis aus	1,6	4,0
- lapis antara	2,4	6,0
Lataston		
- lapis aus	1,2	3,0
2. lapis pondasi		
- lapis pondasi laston modifikasi	2,9	7,5
- lapis pondasi laston	2,9	7,5
- lapis pondasi lataston	1,4	3,5
- lapis pondasi lapen	2,5	6,5
- Agregat Kelas A	4,0	10,0
- CTB (<i>Cement Treated Base</i>)	6,0	15,0
- CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	6,0	15,0
- CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)	6,0	15,0
- CTSB(<i>Cement Treated Subbase</i>)	6,0	15,0
- CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>)	6,0	15,0
- Beton Padat Giling	6,0	15,0
- Beton Kurus (CBK) atau <i>Lean Mix Concrete</i> (LC)	6,0	15,0
- Tanah semen	6,0	15,0
- Tanah kapur	6,0	15,0

3. Lapis Pondasi Bawah		
- Agregat kelas B	6,0	15,0
- Agregat kelas C	6,0	15,0
- Konstruksi Telford	6,0	15,0
- Material pilihan (selected material)	6,0	15,0

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

2.8.2 Prosedur Perencanaan Perkerasan Lentur

1) Persamaan Dasar

Untuk suatu kondisi tertentu, penentuan nilai struktur perkerasan lentur (*Indeks Tebal Perkerasan*, SN) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\begin{aligned} \text{Log } (W_{18}) = & Z_R \cdot S_0 + 9,36 \times \log_{10} (SN + 1) - 0,2 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} \\ & + 2,32 \cdot \log_{10} (MR) - 8,07 \dots\dots\dots (2.84) \end{aligned}$$

Sesuai dengan persamaan diatas, penentuan nilai struktural mencakup penentuan besaran-besaran sebagai berikut :

W_{18} = yaitu volume kumulatif lalulintas selama umur rencana

Z_R = yaitu deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan (R), yaitu dengan menganggap bahwa semua parameter masukan yang digunakan adalah nilai rata-ratanya.

S_0 = yaitu gabungan standar error untuk perkiraan lalulintas dan kinerja.

ΔIP = yaitu perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IP_f).

Mr = yaitu modulus resilien tanah dasar efektif (Psi)

IP_f = yaitu indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

2) Estimasi Lalu lintas

Untuk mengestimasi volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana (W_{18}) adalah sesuai prosedur.

3) Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

Untuk menetapkan tingkat kepercayaan atau reabilitas dalam proses perancangan dan pengaruh drainase.

4) Modulus Resilien tanah dasar efektif

Untuk menentukan modulus resilien akibat variasi musim, dapat dilakukan dengan pengujian di laboratorium dan pengujian CBR lapangan kemudian dikorelasikan dengan nilai modulus resilien.

5) Pemilihan tebal lapisan

$$SN = a_{1.1} \times D_{1.1} + a_{1.2} \times D_{1.2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \dots\dots\dots (2.85)$$

Keterangan :

a_1, a_2, a_3 = koefisien kekuatan lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

$D_1 D_2 D_3$ = Tebal lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah (inchi) dan tebal minimum untuk setiap jenis bahan.

$m_1 m_2$ = koefisien *drainase* lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

Angka 1-1, 1-2, 2 dan 3 masing-masing untuk lapis permukaan, lapis permukaan antara, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

6) Analisis perancangan tebal perkerasan

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri dari beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut :

- Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- Tetapkan indeks pelayanan akhir (Ipt) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.

- Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR).
- Hitung lalulintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba-coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (Ipt) yang telah dipilih. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit dibawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas.
- Tahap berikutnya adalah menentukan nilai struktural seluruh lapis perkerasan diatas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah dan diatas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan diatas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung. Contoh, nilai struktural maksimum yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai struktural perkerasan diatas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai struktural lapisan yang lain dapat ditentukan. Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai struktural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak diatas lapis pondasi bawah atau lapis pondasi atas dengan modulus resilien lebih dari 40.000 psi atau sekitar 270 Mpa. Untuk kasus tersebut, tebal lapis perkerasan diatas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis.

2.9 Rencana Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek

Dalam merencanakan suatu proyek, adanya rencana anggaran biaya merupakan hal yang tidak dapat diabaikan. Rencana anggaran biaya disusun berdasarkan dimensi dari bangunan yang telah direncanakan secara detail, yang akan disusun secara rinci untuk mengetahui biaya pembangunan konstruksi tersebut. Rencana anggaran biaya meliputi rencana kerja dan syarat-syarat (RKS), perhitungan kuantitas pekerjaan, perhitungan sewa alat, rencana anggaran biaya (RAB), rekapitulasi biaya.

2.9.1 Daftar Harga Satuan Alat Dan Bahan

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga tempat proyek berada karena tidak setiap daerah memiliki standart yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung perancangan anggaran biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor. Adapun harga satuan dan upah adalah harga yang termasuk pajak-pajak.

2.9.2 Analisa Satuan Harga Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapat dilokasi, dikumpulkan, dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah.

Analisa bahan suatu pekerjaan ialah menghitung banyaknya volume masing-masing bahan serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

2.9.3 Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek tersebut.

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan. Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain :

- 1) Penentuan stationing (jarak patok) sehingga diperoleh panjang jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).
- 2) Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- 3) Gambarkan potongan melintang (*cross station*) pada titik stationing, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
- 4) Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

2.9.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan dua cara sebagai berikut :

- 1) Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)

Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m^2) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

2) Anggaran Biaya Teliti

Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti, ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai m². Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti.

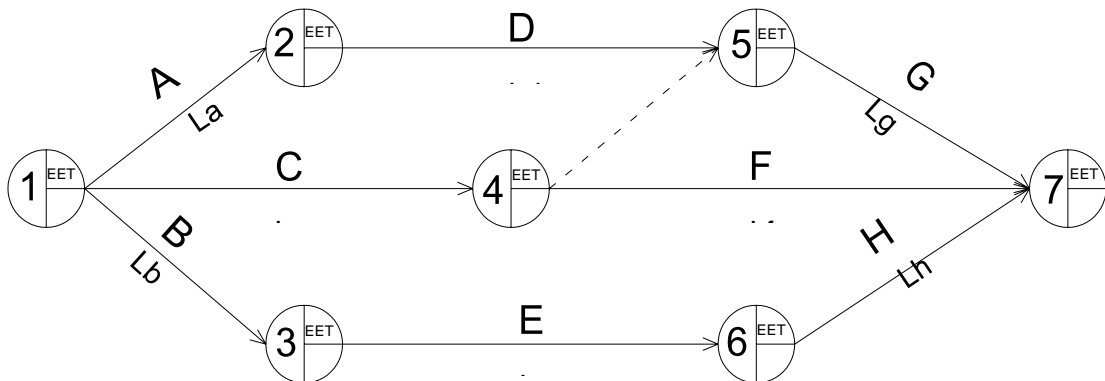
2.9.5 Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya.

2.9.6 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu.

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang ada. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.



Gambar 2.33 Sketsa *Network Planning*
(Wulfram I. Ervianto, *Manajemen Proyek Konstruksi*, 2002)

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- 1) Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- 2) Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
- 3) Mendokumenkan dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
- 4) Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

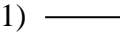
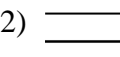

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

- 1) Urutan pekerjaan yang logis
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang slack/kelonggaran waktu.
- 2) Biaya untuk mempercepat pekerjaan
Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan, antara lain :

- 1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
- 2) Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas-aktivitas apa yang mengikuti.
- 3) Aktivitas-aktivitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
- 4) Aktivitas-aktivitas itu di batasi mulai dan selesai.
- 5) Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas itu kemudian mengikutinya.
- 6) Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan .Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.
- 7) Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
- 8) Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP antara lain :

- 1)  (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktivitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukan urutan-urutan.
- 2)  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*). waktu.
- 3)  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.
- 4) - - - > (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktivitas semu. Yang dimaksud dengan aktivitas semu adalah aktivitas yang tidak

menekan waktu. Aktivitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktivitas yang ada dalam suatu network.

2.9.7 Barchart

Diagram *barchart* mempunyai hubungan yang erat dengan network planning. Barchart ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

2.9.8 Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.